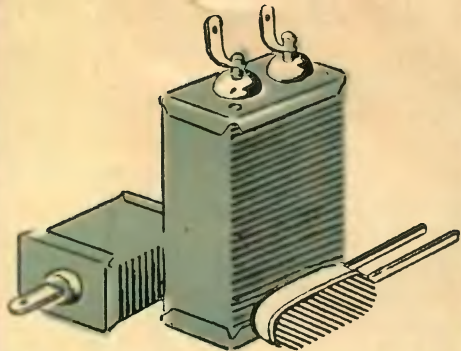


В. В. КАРПИХИН



 **ТЕХНОЛОГИЯ
ПРОИЗВОДСТВА
СЛЮДЯНЫХ
И СТЕКЛОЭМАЛЕВЫХ
КОНДЕНСАТОРОВ**



В. В. КАРПИХИН

ТЕХНОЛОГИЯ
ПРОИЗВОДСТВА
СЛЮДЯНЫХ
И СТЕКЛОЭМАЛЕВЫХ
КОНДЕНСАТОРОВ



ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЭНЕРГИЯ»

МОСКВА

1964

ЛЕНИНГРАД

В книге рассматривается технология производства низковольтных слюдяных и стеклоэмалевых конденсаторов, подробно излагаются основные технологические операции и описывается оборудование, необходимое для их осуществления. Приведены сведения об основных материалах, необходимых для изготовления этих конденсаторов.

Книга предназначена для технологов, мастеров, работников ОТК, лаборантов и для лиц, имеющих дело с производством и применением слюдяных и стеклоэмалевых конденсаторов.

Книга может быть также использована в качестве учебного пособия учащимися техникумов и вузов при изучении соответствующих специальных дисциплин и лицами, повышающими свою производственную квалификацию.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	5
Глава первая. Электрические характеристики и особенности конструкций конденсаторов	9
1-1. Основные электрические характеристики	9
1-2. Слюдяные опрессованные конденсаторы типа КСО и КСОТ	16
1-3. Слюдяные герметизированные конденсаторы типа КСГ-1, КСГ-2 и ССГ	31
1-4. Слюдяные герметизированные конденсаторы типа СГМ и СГМЗ	36
1-5. Стеклоэмалевые конденсаторы типа КС и стеклокерамические типа СКМ	40
Глава вторая. Материалы и полуфабрикаты, используемые в производстве слюдяных и стеклоэмалевых конденсаторов	46
2-1. Материал — основа конструкции конденсатора	46
2-2. Конденсаторная слюда	49
2-3. Исходные материалы для приготовления стеклоэмали и стеклокерамики	55
2-4. Пропиточный материал	57
2-5. Материалы для опрессовки конденсаторов	58
2-6. Металлические материалы	60
2-7. Стекланные изоляторы, керамические изоляторы и корпуса	63
2-8. Припой	66
2-9. Флюсы	69
2-10. Краски и лаки	71
2-11. Разные материалы	73
Глава третья. Технология заготовительных операций	76
3-1. Основные особенности технологического процесса	76
3-2. Подготовка медной проволоки и фольги	79
3-3. Изготовление обжимок	82
3-4. Изготовление металлических корпусов конденсаторов	89
3-5. Изготовление штампованных деталей	93
3-6. Впайка изоляторов	97
3-7. Металлизация керамических изоляторов	99

Глава четвертая. Технология изготовления слюдя-	
ных конденсаторов	102
4-1. Особенности изготовления слюдяных конденсаторов .	102
4-2. Сортировка слюды по толщине	104
4-3. Подготовка слюды к сборке	107
4-4. Серебрение слюды	109
4-5. Сборка пакетов конденсаторов	122
4-6. Подпрессовка пакетов и подгонка емкости	128
4-7. Обжатие пакетов	130
4-8. Опрессовка пакетов конденсаторов в пластмассу . . .	133
4-9. Сборка пакетов герметизированных слюдяных конденса-	
торов в корпус	140
4-10. Вакуумная сушка и пропитка собранных пакетов и	
конденсаторов	141
4-11. Герметизация слюдяных конденсаторов	144
4-12. Промывка герметизированных конденсаторов	152
4-13. Проверка герметичности	154
4-14. Окраска конденсаторов	156
4-15. Сушка окрашенных конденсаторов	161
4-16. Массовые измерения электрических параметров слюдя-	
ных конденсаторов	164
4-17. Маркировка слюдяных конденсаторов	173
4-18. Выходной контроль электрических параметров слюдя-	
ных конденсаторов	178
4-19. Приборы для измерения электрических параметров	
конденсаторов	182
Глава пятая. Технология изготовления стеклоэмале-	
вых и стеклокерамических конденсаторов	224
5-1. Некоторые особенности технологического процесса . .	224
5-2. Приготовление стеклоэмалевых и стеклокерамических	
масс	227
5-3. Приготовление паст для серебрения	230
5-4. Изготовление таблеток конденсаторов	232
5-5. Сушка, обжиг и горячее прессование таблеток	235
5-6. Серебрение торцов таблеток	238
5-7. Лужение торцов таблеток и припайка выводов	241
5-8. Окраска и сушка конденсаторов	244
5-9. Контроль электрических параметров	247
Л и т е р а т у р а	254

ВВЕДЕНИЕ

Электрическим конденсатором называется устройство, состоящее из двух или более проводников (обкладок), разделенных диэлектриком, и способное накапливать электрические заряды.

Способность конденсатора накапливать электрические заряды оценивается его электрической емкостью. Емкость может быть постоянной, переменной или полупеременной. Конденсатором постоянной емкости называется конденсатор, конструкция которого не предусматривает возможности изменения емкости. Переменным называется конденсатор, емкость которого может плавно изменяться в определенных пределах. Полупеременным (подстроечным) называется конденсатор, емкость которого может быть изменена в сравнительно небольших пределах.

В соответствии с требованиями современной техники создано большое разнообразие конденсаторов постоянной емкости, которые по различным признакам могут быть разделены на большие группы, охватывающие ряд конструкций разного назначения. По напряжению их обычно разделяют на «низковольтные» и «высоковольтные». Низковольтными называются конденсаторы, у которых рабочее напряжение порядка нескольких сотен вольт и ниже. Конденсаторы, используемые на переменном напряжении, могут быть большой и малой мощности.

Под термином «большая мощность» обычно понимают реактивную мощность порядка нескольких киловольт-ампер и выше. Конструкция, электрические свойства, область применения и особенности производства того или иного конденсатора в большей степени определяются выбором диэлектрика, который разделяет обкладки конденсатора. Поэтому очень распространена классификация конденсаторов постоянной емкости по роду используемого диэлектрика. В. Т. Ренне в книге «Электрические конденсаторы» предлагает следующую классификацию конденсаторов по роду диэлектрика:

1) с газообразным диэлектриком: вакуумные, воздушные, газонаполненные;

2) с жидким диэлектриком: маслонеполненные; наполненные синтетической жидкостью; наполненные жидким диэлектриком, переходящим в твердое состояние;

3) с твердым неорганическим диэлектриком: стеклянные, стеклопленочные, слюдяные, стеклоэмалевые, стеклокерамические, керамические, бентонитовые;

4) с твердым органическим диэлектриком: бумажные, металлобумажные, из органических пленок;

5) с оксидным диэлектриком (электролитические): алюминиевые, танталовые.

В данной книге рассматривается производство только низковольтных конденсаторов постоянной емкости малой мощности с твердым неорганическим диэлектриком, а именно слюдяных, стеклоэмалевых и стеклокерамических. Эти конденсаторы широко применяются в самых различных областях техники. Они используются в радиотехнической и телевизионной аппаратуре, в телефонии и телеграфии, в радиолокационной аппаратуре, в автоматике и телемеханике, в измерительных устройствах, в технике счетно-решающих устройств, в медицинских приборах, в атомной промышленности и т. д.

Производством названных конденсаторов занято большое число заводов с непрерывно растущим объемом выпуска, исчисляемым многими миллионами в год, и применяющих новейшие технологические процессы при высоком уровне автоматизации производства.

Все это позволяет считать, что подробное рассмотрение технологии производства этих конденсаторов, а также оборудования, применяемого для технологических операций, будет интересно большому количеству работников отечественной промышленности.

В книге более подробно рассмотрены технологические операции, свойственные только или в большей мере конденсаторостроению. Технологические операции, применяемые в ряде других областей промышленности, описаны менее подробно или опущены совсем (например, штамповка и т. п.). Такой же порядок сохранен и при рассмотрении оборудования: нестандартное, специальное оборудование рассмотрено подробно, а универсальное, стандартное рассмотрено менее подробно или опущено совсем. Это сделано из тех соображений, что описание технологических операций и стандартного оборудования, которые широко распространены, можно найти в соответствующей технической литературе.

Следует отметить, что некоторые конструктивные особенности слюдяных и стеклоэмалевых конденсаторов находят применение в конструкциях ряда других конденсаторов (например, герметизированный металлический корпус широко применяется в конструкциях бумажных конденсаторов и т. д.), а многие рассмотренные технологические операции широко применяются при производстве других типов конденсаторов. В качестве примера можно привести пайку токами высокой частоты, окраску пентафталевой эмалью, сушку в инфракрасных лучах, пропитку, маркировку, металлизацию диэлектрика серебром, все измерительные операции и т. д.

Перед описанием технологических операций рассматриваются свойства материалов, применяемых в производстве слюдяных и стеклоэмалевых конденсаторов. Это сделано с той целью, чтобы эти свойства были более четко уяснены, так как материалы являются основой конструкции и от их свойств в значительной мере зависят особенности производственных технологических процессов.

В книге в небольшом объеме рассмотрены вопросы организации технического контроля и почти совсем опущены вопросы техники безопасности. Несмотря на большую важность этих вопросов, это сделано умышленно по причине ограниченного объема книги и наличия, хотя и необширной, технической литературы по данным вопросам (например, [Л. 18, 19]), а также наличия большого числа инструкций по вопросам техники безопасности.

ГЛАВА ПЕРВАЯ

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИЙ КОНДЕНСАТОРОВ

1-1. ОСНОВНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Любой конденсатор, как электрическое устройство, обладает различными электрическими свойствами — одни свойства будут полезными или вредными во всех случаях его применения, другие будут либо полезными, либо вредными, либо только сопутствующими (ни полезными, ни вредными) в каждом конкретном случае.

Для того чтобы правильно применить, а еще важнее для того, чтобы качественно изготовить конденсатор, необходимо знать его свойства и в первую очередь электрические, которые оцениваются его характеристиками.

Основными электрическими характеристиками слюдяных и стекложемалевых конденсаторов являются емкость, электрическая прочность, сопротивление изоляции, тангенс угла потерь, температурный коэффициент емкости, температурная стабильность емкости.

Основное свойство конденсатора — накапливать на своих обкладках электрический заряд под воздействием приложенного к ним напряжения — характеризуется емкостью.

Пусть в результате приложенного напряжения U на обкладках конденсатора накопился заряд Q , тогда емкость этого конденсатора

$$C = \frac{Q}{U}. \quad (1-1)$$

Если заряд Q измерен в кулонах, а напряжение U в вольтах, то емкость C будет выражаться в фарадах. Фарада слишком крупная единица емкости, а поэтому

обычно в практике пользуются более мелкими единицами емкости — микрофарадой (мкф) или пикофарадой (пф):

$$1 \text{ пф} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ мкф} = 1 \cdot 10^{-12} \text{ ф.}$$

Емкость любого конденсатора зависит от площади обкладок, расстояния между ними (т. е. от геометрических размеров) и от величины диэлектрической проницаемости диэлектрика, разделяющего обкладки. Например, емкость плоского конденсатора с двумя обкладками определяется по формуле

$$C = 0,0884 \frac{\epsilon S}{d}, \quad (1-2)$$

где ϵ — диэлектрическая проницаемость;

S — площадь обкладок, см^2 ;

d — толщина диэлектрика, см ;

C — емкость, пф .

Другой физической величиной, характеризующей конденсатор, является тангенс угла потерь $\text{tg } \delta$. В реальном конденсаторе в отличие от идеального происхо-

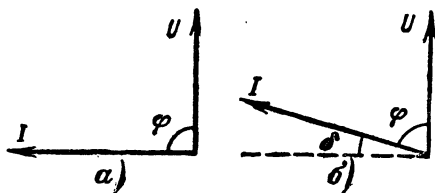


Рис. 1-1. Векторная диаграмма тока и напряжения идеального (а) и реального (б) конденсатора.

дит некоторое потребление активной мощности $P_a = UI \cos \varphi$, т. е. угла сдвига между вектором тока и напряжением не равен 90° (рис. 1-1). Это происходит из-за омических потерь в обкладках конденсатора и в соединительных проводах, потерь на утечку заряда из-за несовершенства диэлектрика и потерь на диэлектрический гистерезис.

Углом потерь называется угол, дополняющий угол сдвига между вектором тока и напряжением до 90° . Обозначается угол потерь через δ , величина его обычно небольшая — порядка нескольких градусов или минут.

Важной характеристикой конденсатора является величина сопротивления изоляции $R_{из}$.

При включении в цепь постоянного тока реального конденсатора ток, проходящий через него, не спадает до нуля, а только до некоторого определенного значения, которое называется током утечки $i_{ут}$.

Если к конденсатору приложено постоянное напряжение U и по прошествии некоторого установленного времени ток утечки достиг величины $i_{ут}$, то сопротивление изоляции

$$R_{из} = \frac{U}{i_{ут}}. \quad (1-3)$$

Сопротивление изоляции обычно весьма велико. Его измеряют в мегомах или тераомах:

$$1 \text{ Мом} = 1 \cdot 10^6 \text{ ом}; 1 \text{ Том} = 1 \cdot 10^6 \text{ Мом} = 1 \cdot 10^{12} \text{ ом}.$$

При определении величины сопротивления изоляции конденсаторов большую роль играют внешние условия, при которых проводятся измерения. Обычно измерения сопротивления изоляции должны проводиться при температуре окружающей среды $20 \pm 5^\circ \text{C}$ и относительной влажности до 80%. При увеличении относительной влажности и температуры сопротивление изоляции значительно уменьшается. Поэтому, измеренная при температурах, отличных от $20 \pm 5^\circ \text{C}$, величина сопротивления изоляции приводится к нормальной температуре по формуле

$$\lg R_{из\ 20^\circ} = \lg R_{из\ t^\circ} - \beta(t - 20^\circ), \quad (1-4)$$

где $R_{из\ 20^\circ}$ — сопротивление изоляции при температуре 20°C ;

$R_{из\ t}$ — сопротивление изоляции при температуре $t^\circ \text{C}$;

t — температура, при которой производились измерения;

β — коэффициент, определяемый типом диэлектрика конденсатора.

Значение коэффициента β для слюды 0,01.

При колебаниях температуры емкость конденсатора меняет свое значение — у некоторых типов конденсаторов она увеличивается, а у некоторых уменьшается с увеличением температуры. Эти изменения емкости обуславливаются различными свойствами диэлектрика,

примененного в конденсаторе, а также особенностями его конструкции и изменениями его размеров при нагреве. Для оценки изменения емкости от температуры применяют температурный коэффициент емкости (ТКЕ), который определяется следующей формулой:

$$\text{ТКЕ} = \frac{C_2 - C_1}{C_1(t_2 - t_1)} [\text{град}^{-1}], \quad (1-5)$$

где C_1 — емкость при первоначальной температуре t_1 ; C_2 — емкость при повышенной температуре t_2 .

Следовательно, величина ТКЕ определяется как отношение изменения емкости ($C_2 - C_1$) конденсатора при нагревании на 1°C к его начальной емкости (C_1).

Помимо ТКЕ, представляет интерес и другая характеристика конденсатора — температурная стабильность емкости (ТСЕ), которая характеризует остаточное изменение емкости после завершения температурного цикла $t_1 - t_2 - t_1$. Значение ТСЕ вычисляется по следующей формуле:

$$\text{ТСЕ} = \frac{\Delta C}{C} \cdot 100 [\%], \quad (1-6)$$

где C — емкость конденсатора перед испытанием; ΔC — изменение емкости.

Особое положение занимает свойство конденсатора сохранять свою электрическую прочность — способность диэлектрика сохранять изолирующие свойства при том или ином приложенном напряжении.

Электрическая прочность любого конденсатора является основной его характеристикой, а поэтому конденсатор, не обладающий электрической прочностью, перестает быть таковым и не может быть использован ни в одной электрической схеме.

Электрическая прочность любого диэлектрика, находящегося в электрическом поле, может быть нарушена при достижении напряженности поля некоторого критического значения. Явление нарушения электрической прочности диэлектрика конденсатора — одно из наиболее сложных электрических явлений, происходящих в диэлектрике.

Это явление зависит от электрических и физических свойств материала, от вида воздействующего электрического поля (постоянное, переменное, импульсное), от

конструкции конденсатора, а также от условий окружающей среды. В настоящее время ни одна из существующих теорий, как старых, так и новых, не может дать исчерпывающих ответов на все вопросы, возникающие при изучении этого явления; нет точной, установившейся терминологии при определении различных процессов, происходящих в диэлектрике перед и во время нарушения электрической прочности

Поэтому при испытании электрической прочности конденсаторов (испытания на пробой) происходит много недоразумений у изготовителей и у потребителей из-за того, что нет точно установившейся терминологии, точно сформулированных требований и методик испытаний. Объединить в одно понятие пробоя все разнообразные явления, происходящие при испытаниях на электрическую прочность слюдяных конденсаторов, в настоящее время уже не представляется возможным.

Приборы для испытания диэлектриков в настоящее время в значительной мере усовершенствовались, и стало возможным выявить такие явления, которые искажают существующее понятие пробоя. Если все эти явления не подразделить, то можно браковать очень большое число годных конденсаторов, которые могли бы быть использованы во многих электро-и радиотехнических устройствах. В то же время, если совсем отказаться от оценки предпробойных и некоторых пробойных явлений, происходящих в конденсаторе, то невозможно будет получить конденсаторы, которые необходимы для стабильной и надежной работы некоторых особо ответственных схем. Поэтому кажется целесообразным установить более четкое определение самих видов пробоя и предпробойных явлений, а также установить, при каких явлениях конденсаторы должны отбраковываться и какие испытания должны проводиться при предъявлении к конденсаторам повышенных требований, оговариваемых специальными техническими условиями.

Под явлением полного пробоя слюдяного конденсатора вне зависимости от механизма пробоя — теплового или электрического — следует понимать лавинообразное возрастание электропроводимости, причем наступает «закорачивание» диэлектрика сквозным током через всю толщу диэлектрика от одного электрода к другому. К этому же виду пробоя можно отнести и пробой, в ре-

зультате которого образовался устойчивый проводящий канал через толщу диэлектрика — напряжение на конденсаторе падает, но не равно нулю (сопротивление изоляции очень мало), а также явление перекрытия конденсатора, которое можно определить как устойчивый разряд по поверхности диэлектрика. При наличии таких явлений конденсатор должен безусловно браковаться по электрической прочности и его нельзя использовать ни в одной электро- или радиотехнической схеме.

К другому виду пробоя следует отнести восстанавливающийся пробой. Под восстанавливающимся пробоем конденсатора следует понимать такой пробой, возникающий под воздействием повышенного напряжения достаточной мощности, при котором за счет развития температуры в точке пробоя, достаточной для испарения тонкой пленки обкладок электродов (например, у конденсаторов с серебряной слюдой), ликвидируется короткое замыкание между обкладками и диэлектрик вновь приобретает электрическую прочность, а конденсатор снова восстанавливается достаточно надежно. Это явление аналогично явлению, наблюдаемому в конденсаторах с металлизированной бумагой, которые даже специально «тренируют», подвергая ряду принудительных импульсов повышенного напряжения большой мощности.

У конденсаторов с восстановившимся пробоем все электрические параметры могут соответствовать требованиям ГОСТ или ТУ как в нормальных условиях, так и после воздействия вибрации, влажности, повышенной и пониженной температуры. Происшедший восстановившийся пробой влияет только на срок службы конденсатора, несколько его уменьшая (но, возможно, не ниже предусмотренного ГОСТ или ТУ). Однако надежность такого конденсатора при повышенных частотах (в импульсном режиме) и стабильность работы под напряжением будут снижены.

Частичным пробоем конденсатора называется такое явление, при котором разряд проходит не через всю толщину диэлектрика, а в ограниченной его области. Частичные пробойи появляются в воздушных и иных включениях, электрически более слабых, чем сам диэлектрик. Частичный пробой как предпробойное явление обычно предшествует появлению полного или вос-

становливающегося пробоя и может появляться только при испытательном напряжении и совершенно не наблюдаться при рабочем напряжении. Частичный пробой диэлектрика конденсатора может влиять на работу только особо ответственных схем, а во всех других случаях это явление сказывается на сроке службы конденсатора. Поэтому по причине частичных пробоев конденсаторы окончательно браковаться не должны.

Не всегда должны браковаться конденсаторы и по причине разового разряда по поверхности, который иногда появляется при приложенном испытательном напряжении (например, при испытании слюдяного конденсатора разовый разряд не оставляет на слюде никаких следов и не вызывает вредных последствий). К предпробойным явлениям относятся и коронарные процессы, происходящие по причине краевого эффекта.

Все эти предпробойные явления, которые наблюдаются при приложении испытательного напряжения к конденсатору, могут либо совсем отсутствовать, либо наблюдаться в малой мере при приложении к его выводам рабочего напряжения. Они только могут ухудшать состояние диэлектрика, подготавливая его к пробоям. При использовании конденсатора в соответствии с рекомендациями ГОСТ или ТУ (в отношении величины прикладываемого напряжения и тока в зависимости от частоты) такой конденсатор может служить довольно долго, перекрывая гарантийные сроки ГОСТ или ТУ.

Исходя из сказанного, кажется совершенно нецелесообразным считать конденсаторы не выдержавшими испытания электрической прочности по причине некоторых перечисленных явлений. Правда, может встретиться в особо ответственных импульсных схемах потребность в конденсаторах с отсутствием этих явлений. Это должно быть оговорено в специальных технических требованиях уже не по параметру испытания электрической прочности, а по параметру стабильности работы под напряжением, и такие конденсаторы должны отбираться при помощи специальных приборов из общей партии конденсаторов.

Необходимо отметить, что испытание электрической прочности не является просто измерением какого-либо

параметра, как, например, емкости, а является в полном смысле этого слова испытанием конденсатора.

Оценкой электрической прочности конденсатора служат величины рабочего напряжения ($U_{\text{раб}}$), испытательного напряжения ($U_{\text{исп}}$) и пробивного напряжения ($U_{\text{пр}}$).

Рабочим напряжением называется такое напряжение, при котором конденсатор может надежно работать длительный промежуток времени в определенных условиях, оговоренных в ГОСТ или ТУ.

Испытательным напряжением называется такое напряжение, которое конденсатор должен выдержать (не пробиваясь) в течение определенного времени (10 сек).

Пробивным напряжением называется такое напряжение, при котором конденсатор быстро выходит из строя в течение нескольких секунд при плавном повышении напряжения от 0 до $U_{\text{пр}}$.

Большинство типов конденсаторов должно испытываться согласно требованиям соответствующего ГОСТ или ТУ напряжением постоянного тока и должно выдерживать без электрического перекрытия или пробоя напряжение, равное двойному или тройному рабочему напряжению.

Рассмотренные электрические характеристики конденсаторов являются основными, поэтому они должны быть обеспечены технологическим процессом производства конденсаторов и соответствующим образом контролированы как в процессе производства, так и у готовых изделий.

Далее рассмотрим электрические характеристики и особенности конструкции отдельных типов слюдяных, стеклоэмалевых и стеклокерамических конденсаторов.

1-2. СЛЮДЯНЫЕ ОПРЕССОВАННЫЕ КОНДЕНСАТОРЫ ТИПА КСО И КСОТ

Слюдяные конденсаторы постоянной емкости малой мощности изготавливаются следующих типов:

а) опрессованные пластмассой (КСО, КСОТ), допускающие длительную эксплуатацию при относительной влажности (первые до 80%, вторые до 98%);

б) герметизированные в металлическом корпусе (КСГ-1, КСГ-2, ССГ) и герметизированные в керамиче-

ском корпусе (СГМ, СГМЗ), допускающие длительную эксплуатацию в условиях относительной влажности до 98%.

Конденсаторы КСО допускают кратковременное периодическое пребывание в условиях относительной влажности до 98%.

Конденсаторы слюдяные опрессованные типа КСО (ГОСТ 6119-54) предназначены для работы в цепях постоянного и переменного тока в интервале температур от -60 до $+70^{\circ}\text{C}$ при атмосферном давлении воздуха до 5 мм. рт. ст. на номинальное рабочее напряжение до 500 в и до 90 мм рт. ст. на номинальное рабочее напряжение до 3000 в и имеют 10 типоразмеров: КСО-1, КСО-2, КСО-5, КСО-6, КСО-7, КСО-8, КСО-10, КСО-11, КСО-12, КСО-13. Внешний вид их приведен на рис. 1-2, а размеры и номинальные данные в табл. 1-1.

Конденсаторы КСО изготавливаются в пределах номинальных емкостей, указанных в табл. 1-1. Промежуточные значения номинальных емкостей конденсаторов должны соответствовать шкале емкостей ГОСТ 2519-60 (табл. 1-2).

При нормальных условиях конденсаторы должны выдерживать без электрического перекрытия и пробоя приложенное к контактным выводам в течение 10 сек испытательное напряжение постоянного тока, равное двойному номинальному рабочему напряжению ($U_{\text{исп}} = 2U_{\text{раб}}$). При пониженном давлении испытательное напряжение снижается до $1,2 U_{\text{раб}}$.

При работе конденсатора в цепи пульсирующего тока сумма постоянной составляющей напряжения ($U_{\text{п}}$) и амплитуда переменной составляющей напряжения ($U_{\text{~}}$) не должна превосходить номинального рабочего напряжения ($U_{\text{ном}}$).

$$U_{\text{п}} + U_{\text{~}} \leq U_{\text{ном}}$$

Конденсаторы КСО должны работать при номинальном напряжении не менее 5000 в.

Номинальное рабочее напряжение, приведенное в табл. 1-1, соответствует напряжению в цепи постоянного тока.

При работе конденсаторов в цепях переменного тока амплитуда напряжения не должна превышать значений,

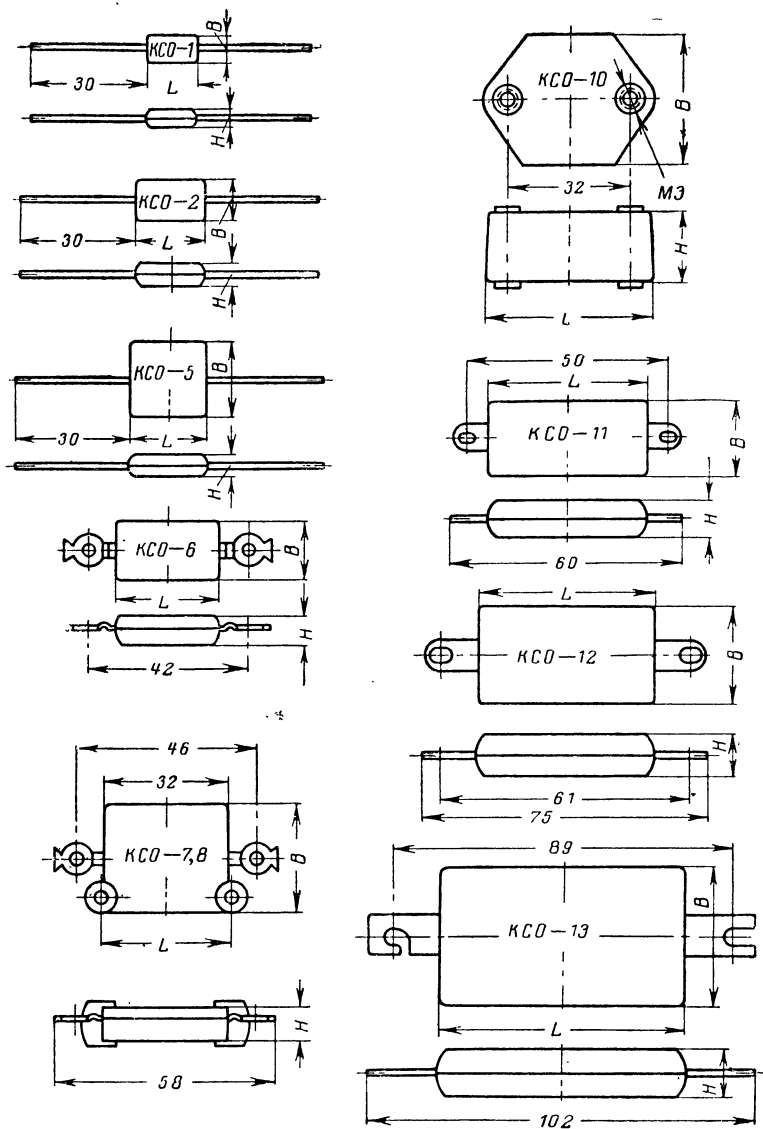


Рис. 1-2. Внешний вид конденсаторов КСО.

Таблица 1-1

Вид конденсатора	Размеры, мм			Пределы номинальной емкости, пф	Номинальное рабочее напряжение, в	Реактивная мощность, не более, вар
	L	B	H			
KCO-1	13±0,8	7±0,8	4,6±0,5	51—750	250	5
KCO-2	18±0,8	11±0,8	5,5±0,8	100—2 400	500	10
KCO-5	20±0,8	20±0,8	6,5±0,8	470—3 300	500	20
			9,0±0,8	3 300—6 800	500	20
				7 500—10 000	250	20
KCO-6	27±0,8	16,5±0,8	9±1,0	100—2 700	1 000	25
KCO-7	33±0,2	28,6±0,8	8,6±1,0	47—1 000	2 500	40
				1 100—2 200	1 500	40
				2 400—3 300	1 000	40
KCO-8	33±0,2	28,6±0,8	11±1,0	1 000—3 300	2 500	50
				3 600—4 300	2 000	50
				4 700—6 800	1 500	50
				7 500—10 000	1 000	50
				12 000—30 000	500	50
KCO-10	44,5±0,8	34±0,8	19±1,0	10 000—30 000	250	50
				47—1 000	3 000	60
				3 600—4 700	2 500	60
				5 100—10 000	2 000	60
				12 000—15 000	1 500	60
				18 000—20 000	1 000	60
				25 000—50 000	500	60
KCO-11	41±0,8	20±0,8	10±1,0	30 000—50 000	250	60
				10—560	3 000	50
				620—3 300	2 000	50
				3 600—6 800	1 000	50
				7 500—10 000	500	50
KCO-12	46±0,8	27±0,8	12±1,0	6 800—10 000	250	50
				10—390	5 000	75
				680—1 500	3 000	75
				3 300—3 900	2 000	75
				6 800—10 000	1 000	75
KCO-13	64±0,8	40±0,8	14±1,0	12 000—20 000	500	75
				10 000—20 000	250	75
				10—390	7 000	150
				330—1 800	5 000	150
				1 500—3 900	3 000	150
				3 300—10 000	2 000	150
				12 000—25 000	1 000	150
				20 000—50 000	500	150
				20 000—50 000	250	150

Таблица 1-2

пф				мкф				
1,0	10	100	1 000	0,01	0,1	1,0	10,0	100
1,1	11	110	1 100					
1,2	12	120	1 200	0,012				
1,3	13	130	1 300					
1,5	15	150	1 500	0,012	0,15	1,5	15	
1,6	16	160	1 600					
1,8	18	180	1 800	0,018				
2,0	20	200	2 000					
2,2	22	220	2 200	0,022	0,22	2,2	22	
2,4	24	240	2 400					
2,7	27	270	2 700	0,027				
3,0	30	300	3 000					
3,3	33	330	3 300	0,033	0,33	3,3	33	
3,6	36	360	3 600					
3,9	39	390	3 900	0,039				
4,3	43	430	4 300					
4,7	47	470	4 700	0,047	0,47	4,7	47	
5,1	51	510	5 100					
5,6	56	560	5 600	0,056				
6,2	62	620	6 200					
6,8	68	680	6 800	0,068	0,68	6,8	68	
7,5	75	750	7 500					
8,2	82	820	8 200	0,082				
9,1	91	910	9 100					

указанных в табл. 1-3. Это необходимо для того, чтобы исключить возможность развития ионизации в конденсаторах.

Таблица 1-3

$U_{\text{раб}}$, в (постоянный ток)	Допускаемая амплитуда переменного тока от значения $U_{\text{раб}}$ постоянного тока, %		
	до 500 гц	500—10 000 гц	более 10 000 гц
250	100	60	20
500	50	30	10
1 000	30	20	5
1 500	30	20	5
2 000	30	20	5
2 500	30	20	5
3 000	30	20	5
5 000	15	10	3
7 000	15	10	3

Амплитуда переменного напряжения не должна превышать величины, определяемой формулой

$$U = 565 \cdot 10^3 \sqrt{\frac{P}{fC}}, \quad (1-7)$$

где U — амплитуда переменного напряжения, v ; P — активная мощность, $ва$; C — емкость, $пф$; f — частота, $гц$.

Ток, проходящий через конденсатор, не должен превышать величины, определяемой формулой

$$i = \frac{K}{\sqrt{f}}, \quad (1-8)$$

где i — ток, проходящий через конденсатор, a ;

f — частота, $Мгц$;

K — коэффициент.

$K=2$ для КСО-1, КСО-2 и КСО-5;

$K=4$ для КСО-6, КСО-7, КСО-8, КСО-11;

$K=8$ для КСО-10, КСО-12, КСО-13.

По величине допускаемого отклонения емкости от ее номинального значения, указанного в маркировке, конденсаторы КСО выпускаются четырех классов: класс 0 — с допуском $\pm 2\%$, класс I — с допуском $\pm 5\%$, класс II — с допуском $\pm 10\%$ и класс III — с допуском $\pm 20\%$.

По величине ТКЕ и ТСЕ конденсаторы разделяются на четыре группы А, Б, В, Г (табл. 1-4).

Таблица 1-4

Условное обозначение группы конденсаторов	ТКЕ ($г/рад^{-1}$)	ТСЕ, %
А (фольговые)	Не нормируется	Не нормируется
Б (серебряные)	$\pm 200 \cdot 10^{-6}$	0,5
В (то же)	$\pm 100 \cdot 10^{-6}$	0,2
Г (то же)	$\pm 50 \cdot 10^{-6}$	0,1

Конденсаторы КСО-1 группы А не изготавливаются. Конденсаторы класса 0 группы А не изготавливаются. Конденсаторы КСО-11, КСО-12 и КСО-13 в новых разработках применяться не должны и изготавливаются только группы А. Конденсаторы группы Б и В изготавливаются емкостью только выше 47 $пф$, а группы Г — 100 $пф$ и более. Конденсаторы емкостью более 10 000 $пф$

групп Б, В, Г применять не рекомендуется (ограничение обусловлено применением тонкой слюды, имеющей пониженную электрическую и механическую прочность). Значения $\operatorname{tg} \delta$ и $R_{\text{из}}$ у конденсаторов типа КСО должны быть не хуже значений, приведенных в табл. 1-5.

Таблица 1-5

Условия испытания	$\operatorname{tg} \delta \cdot 10^4$, не более		$R_{\text{из}}$, Мом, не менее	
	$C < 200 \text{ нф}$	$C \geq 200 \text{ нф}$	$C < 1\,000 \text{ нф}$	$C \geq 1\,000 \text{ нф}$
Температура $+20^\circ \text{C}$	По рис. 1-3	10	7 500	7 500
Температура $+70^\circ \text{C}$	На 50% выше, чем значения при температуре 20°C	15	2 500	1 000
После 48-часового пребывания во влажности 98% при 20°C	То же	То же	То же	То же
После 3 термических циклов	То же	То же	То же	То же

У конденсаторов емкостью меньше 200 нф увеличение допускаемого значения $\operatorname{tg} \delta$ согласно графику на рис. 1-3 объясняется влиянием паразитной емкости

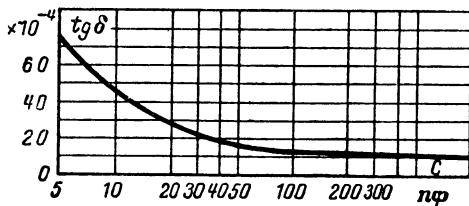


Рис. 1-3. Допустимые значения тангенса угла потерь для конденсаторов КСО.

пластмассовой опрессовки на величину $\operatorname{tg} \delta$ конденсатора, так как $\operatorname{tg} \delta$ пластмассы значительно выше, чем у слюды ($\operatorname{tg} \delta \leq 150 \cdot 10^{-4}$ при $f=1 \text{ МГц}$).

Каждый термический цикл состоит из выдержки конденсатора при -60°C в течение 30 мин, при $+20^\circ \text{C}$ в течение 15 мин, при $+70^\circ \text{C}$ в течение 30 мин и опять при $+20^\circ \text{C}$ в течение 15 мин. После трех термоциклов

для конденсаторов групп Б, В, Г (емкость более 500 $\mu\text{ф}$) гарантируется остаточное изменение емкости не более $\pm 0,5\%$.

Конденсаторы КСО-1, КСО-2, КСО-5 должны выдерживать в течение 3 ч вибрацию с частотой 25—75 гц при ускорении 10 g , а для остальных типов — при ускорении 5 g .

Конденсатор КСО, как и все слюдяные и стеклоэмалевые конденсаторы постоянной емкости, конструктивно представляет собой конденсатор плоской конструкции, в котором прямоугольные или квадратные пластинки диэлектрика (слюды) чередуясь с металлическими обкладками, образуют пакет. Этот пакет обжат с двух сторон обжимками с выводами и опрессован в термореактивную пластмассу. Выводы обжимки выходят из пластмассы и служат для подключения конденсатора к схеме. При изготовлении этих конденсаторов применяются как обкладки из фольги, так и обкладки, которые нанесены на слюду методом «вжигания» серебра (термовосстановлением серебра из серебросодержащей пасты) или методом испарения серебра в вакууме.

Количество слюдяных пластинок в пакете, их толщина подбираются, исходя из величины номинальной емкости и рабочего напряжения.

Обжимки для конденсаторов КСО-1, КСО-2, КСО-5 (рис. 1-4) изготавливаются из латунной ленты и прочно

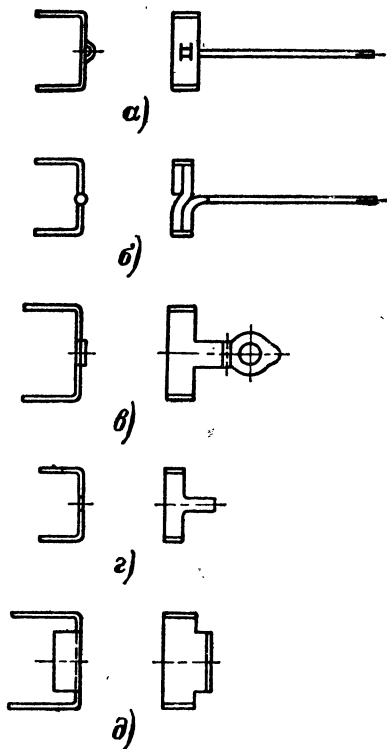


Рис. 1-4. Виды обжимок.

а — ленточная обжимка КСО-1, КСО-2, КСО-5; б — проволочная обжимка КСО-1, КСО-2, КСО-5; в — штампованная обжимка КСО-6, КСО-7, КСО-8; г — обжимка ССГ-1, ССГ-2, ССГ-3.

соединенным с ней проволочным медным выводом или целиком из медной проволоки. Обжимки для конденсаторов КСО-6, КСО-7, КСО-8, КСО-11, КСО-12 и КСО-13 штампуются из латуни, причем форма вывода не стандартизуется (при условии сохранения габаритных и установочных размеров). Вывод для конденсатора КСО-10 вытягивается из латунного прутка.

Для защиты пакета при обжатии от механических повреждений (рис. 1-5) с двух сторон между пакетом и обжимками укладывается защитная слюда, толщина которой должна быть в пределах 100—300 мк.

Пластмассовая оболочка помогает обжимкам сжимать пакет и защищает его от воздействия внешней среды, механических воздействий и т. д. Она выполняется из термореактивной пластмассы. Для обеспечения заданных характеристик конструкция конденсатора должна быть соответствующим образом рассчитана.

Подробный расчет конденсаторов в настоящей книге не приводится, так как он производится при разработке конденсатора, и в массовом производстве следует только строго выполнять указания конструктора, зафиксированные в чертежах или инструкциях. Достаточно полная методика расчета конденсаторов приведена в книге В. Т. Ренне «Электрические конденсаторы», Госэнергоиздат, 1959 г.

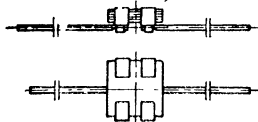
Приведем только некоторые указания по расчету емкости конденсатора, выбору толщины диэлектрика, величины закраин и конструктивных размеров пакетов. Емкость пакета слюдяного конденсатора, как и емкость любого конденсатора плоской конструкции, может быть определена по формуле

$$C = 0,0884 \frac{\epsilon S (n-1)}{d}, \quad (1-9)$$

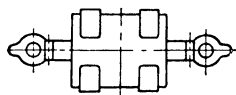
где C — емкость пакета, пф; ϵ — диэлектрическая проницаемость диэлектрика; d — толщина диэлектрика (расстояние между обкладками), см; S — активная площадь обкладок, см²; n — число обкладок.

В виде примера определим число обкладок и слюдяных пластинок для фольгового конденсатора, если задана его емкость и геометрические размеры фольги и слюды,

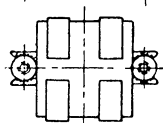
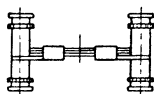
КСО-1, 2, 5



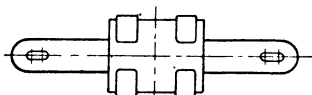
КСО-6, 7, 8



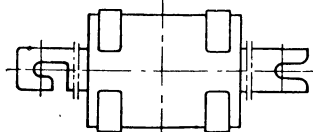
КСО-10



КСО-11, 12



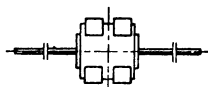
КСО-13



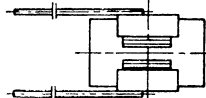
СГМ-1, 2, 3, 4; СГМ-3



КСГ-1



КСГ-2



ССГ

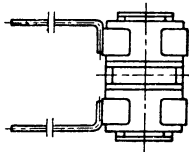


Рис. 1-5. Пакеты собранных слюдяных конденсаторов.

При расчете величину ϵ принимают равной 6. Это средняя расчетная величина диэлектрической проницаемости слюды.

Активной площадью обкладок называется площадь перекрытия верхней и нижней фольги (на рис. 1-6, *а* она заштрихована) и она равна:

$$S = b_1 \delta_1 = (b - 4a)(\delta - 2a) [\text{см}^2], \quad (1-10)$$

где b и δ — геометрические размеры слюды, см; a — закраины, т. е. свободные поля слюдяной пластинки, не покрытые обкладками.

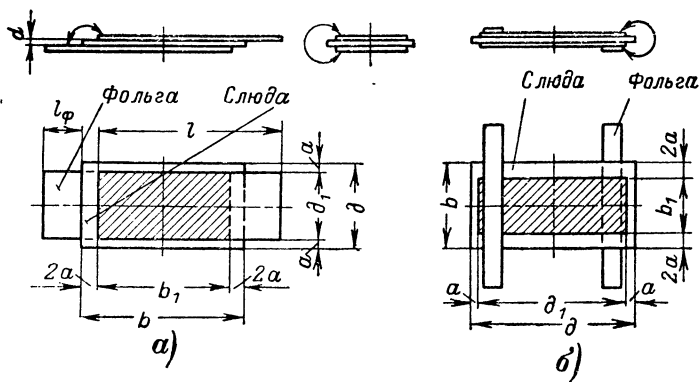


Рис. 1-6. Элементарный слюдяной конденсатор.

a — фольговый; b — стабильный.

Закраина со стороны выхода фольги должна быть в 2 раза больше, чем с той стороны слюды, где фольга не выходит. Величину закраины можно определять по формуле

$$2a = K_3 U_{\text{исп}}, \quad (1-11)$$

где $U_{\text{исп}}$ — величина испытательного напряжения, в;
 K_3 — коэффициент закраины, мм/в.

Коэффициент закраины представляет собой величину, обратную допускаемому значению средней напряженности поля на поверхности закраины. Для постоянного тока K_3 слюдяного конденсатора равен $1,5\text{—}2,5 \cdot 10^{-3}$ мм/в.

Для рабочих напряжений до 500 в обычно $a \geq 1,0$ мм, а для рабочих напряжений до 1 000 в $a \geq 2,5$ мм.

При небольшом напряжении ширина закраины должна быть не менее 0,7—1 мм из-за опасности короткого замыкания по причине смещения обкладок.

Толщина слюды (d) выбирается в зависимости от выбранного рабочего напряжения

$$d = \frac{U_{\text{раб}}}{E_{\text{раб}}}, \quad (1-12)$$

а $E_{\text{раб}}$ определяется по формуле

$$E_{\text{раб}} = \frac{E_{\text{исп}}}{K_2}. \quad (1-13)$$

Коэффициент K_2 для слюды как нестареющего диэлектрика обычно выбирается от 1,5 до 2.

$E_{\text{исп}}$ определяется по формуле

$$E_{\text{исп}} = \frac{E_{\text{пр.ср}}}{K_1}, \quad (1-14)$$

где K_1 — коэффициент запаса, учитывающий разброс значений электрической прочности.

При больших значениях площади обкладок и малых толщинах слюды K_1 принимают до 2 и более, при малых значениях площади и большой толщине слюды K_1 берется 1,2—1,3. Более подробно этот расчет приводится В. Т. Ренне (Л. 1, стр. 214).

Определив таким образом ε , d , S , можно подсчитать по формуле (1-9) число обкладок n , а число слюдинок N по следующей формуле:

$$N = n - 1. \quad (1-15)$$

Если N получится нецелым числом, то обычно производят корректировку размера b_1 таким образом, чтобы N было целым числом.

Длина обкладок l определяется следующими величинами (рис. 1-6, а):

$$l = l_{\phi} + 2a + b_1. \quad (1-16)$$

Длина выступающих за слюдинку концов обкладок фольговых конденсаторов l_{ϕ} должна быть такой, чтобы при загибе выступающих концов обкладок поверх защитной слюдяной прокладки они не замыкались и

чтобы наименьшее расстояние между ними было не меньше $2a$ и в тоже время чтобы они не были меньше ширины обжимки, которая обжимает пакет.

Если пакет имеет большую емкость и толщина его значительна, то длина загнутых частей обкладок будет разной для различных обкладок, но она должна лежать в указанных выше пределах.

Предельно допустимая общая толщина пакета h (вместе с обжимками) должна быть на 2—3 мм меньше толщины готового опрессованного конденсатора. Это необходимо для надежного покрытия пакета пластмассой.

Расчет конденсатора с серебряной слюдой проводится аналогично. Расчет емкости элементарного конденсатора проводится так же, только в качестве активной площади S принимается не площадь перекрытия фольговых обкладок, а площадь серебрения.

Полоски фольги (рис. 1-6,б) в конденсаторах с серебряной слюдой являются только токосъемными контактами и соединяют серебряные обкладки с выводами конденсатора.

Для качественного изготовления конденсаторов типа КСО в массовом производстве необходимо быть хорошо знакомым с целым рядом особенностей конструкции конденсатора.

1. При использовании обкладок в виде металлической фольги неизбежно появление воздушных зазоров между слюдой и фольгой. Эти зазоры, даже при сильном сжатии, заполнены воздухом в непропитанном конденсаторе и цебезином после пропитки. Из-за наличия цебезина появляется зависимость емкости от частоты в области низких частот и увеличиваются потери энергии в конденсаторе. При колебаниях температуры изменяются размеры зазоров (увеличиваются или уменьшаются), благодаря чему может значительно изменяться емкость. ТКЕ и ТСЕ фольговых конденсаторов достаточно велики.

2. Для обеспечения малых значений ТКЕ и ТСЕ конденсаторы изготавливают с применением серебряной слюды, так как нанесение тонкого слоя серебра непосредственно на поверхность слюды исключает зазор между диэлектриком и обкладкой.

3. При использовании вместо обкладок тонких слоев серебра может возникнуть явление мерцания, т. е. небольших самопроизвольных скачкообразных изменений емкости и угла диэлектрических потерь. Это явление связано с отсутствием четко выраженного края серебряной обкладки из-за наличия большого числа «островков» серебра, которые постепенно соединяются по мере удаления от закраин в сплошную обкладку.

4. Защитная слюда, подкладываемая под обжимки с обеих сторон пакета, должна быть достаточно толстой, 100—300 мк. Она служит для придания пакетам механической прочности и предохраняет их от повреждения при последующих технологических операциях. Кроме этого, защитная слюда позволяет изолировать один вывод конденсатора от другого.

Слюдяные конденсаторы типа КСОТ конструктивно выполнены так же, как КСО. Основным их отличием является то, что для опрессовки их применен новый пресс-порошок на основе эпоксидной смолы, обладающий пониженной влагопроницаемостью и повышенной теплостойкостью (§ 2-5).

Конденсаторы КСОТ предназначены для работы в цепях постоянного и переменного тока в интервале температур от -60 до $+155^{\circ}\text{C}$; в условиях длительного пребывания при относительной влажности воздуха 95—98% — при температуре $+40 \pm 2^{\circ}\text{C}$. Допускаются воздействия вибрации с ускорением до 10 g в диапазоне частот 20—600 *гц*, воздействия линейного ускорения до 100 g, воздействия ударной нагрузки с ускорением 75 g (4 000 ударов). Допускается их эксплуатация в условиях пониженного атмосферного давления до 1 мм рт. ст.

Конденсаторы изготавливаются шести видов; КСОТ-1, КСОТ-2, КСОТ-5, КСОТ-6, КСОТ-7 и КСОТ-8. Внешний вид их такой же, как конденсаторов КСО-1, КСО-2, КСО-5, КСО-6, КСО-7, КСО-8 соответственно (см. рис. 1-2).

Пределы номинальных емкостей, рабочее напряжение постоянного тока, допустимая реактивная мощность указаны в табл. 1-6.

Промежуточные значения номинальных емкостей конденсаторов КСОТ те же, что и для конденсаторов КСО.

Таблица 1-6

Вид конденса- тора	Пределы номиналь- ных емкостей, <i>пф</i>	Рабочее напря- жение постоян- ного тока, <i>в</i>	Допустимая реак- тивная мощ- ность, <i>ва</i>
КСОТ-1	51—510	250	5
КСОТ-2	100—1 200	500	10
КСОТ-5	470—6 800	500	20
КСОТ-6	100—1 500	1 000	25
КСОТ-7	1 600—3 300	1 000	40
КСОТ-8	3 600—10 000	1 000	50

По температурному коэффициенту емкости и температурной стабильности емкости конденсаторы КСОТ разбиваются на те же группы, что и конденсаторы КСО, за исключением группы А, так как конденсаторы КСОТ изготавливаются только из серебряной слюды. ТКЕ определяется в интервале температур от +20 до +70° С.

Конденсаторы должны выдерживать напряжения постоянного тока без электрического перекрытия при различных атмосферных давлениях, указанных в табл. 1-7.

Таблица 1-7

Вид кон- денсатора	Рабочее нап- ряже- ние по- стоянного тока, <i>в</i>	Рабочее и испытательное напряжение постоянного тока, <i>в</i>					
		15 мм <i>рт. ст.</i>		5 мм <i>рт. ст.</i>		1 мм <i>рт. ст.</i>	
		рабо- чее	испыта- тельное	рабо- чее	испыта- тельное	рабо- чее	испыта- тельное
КСОТ-1	250	250	300	250	300	200	250
КСОТ-2	500	500	600	500	600	200	250
КСОТ-5	500	500	600	500	600	250	300
КСОТ-6	1 000	1 000	1 200	500	600	250	300
КСОТ-7	1 000	1 000	1 200	600	750	250	300
КСОТ-8	1 000	1 000	1 200	600	750	250	300

При работе конденсаторов в цепях переменного тока амплитуда напряжения не должна превышать 50% номинального рабочего напряжения при частоте до 500 *гц* для конденсаторов на рабочее напряжение ≤ 500 *в*, 30% при частоте до 10 000 *гц* и 10% — свыше 10 000 *гц*, а для конденсаторов на рабочее напряжение свыше 500 *в* соответственно 30, 20 и 5%.

При этом амплитуда переменного напряжения ($U_{\sim}$) не должна быть больше определенной по формуле (1-7), а ток i , проходящий через конденсатор, не должен быть больше вычисленного по формуле (1-8).

При температуре окружающего воздуха $+20 \pm 5^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности не более 80% тангенс угла диэлектрических потерь должен быть не более $10 \cdot 10^{-4}$ (для емкостей свыше 100 *нф*), а сопротивление изоляции не менее 50 000 *Мом* (для КСОТ 1, 2, 5) и 20 000 *Мом* (для КСОТ 6, 7, 8). При температуре воздуха $+155 \pm 5^{\circ}\text{C}$ — соответственно $20 \cdot 10^{-4}$ и не менее 500 *Мом*. Такой же $\text{tg } \delta$ допускается после воздействия трех температурных циклов с последующим увлажнением в течение 250 *ч* при температуре $+40^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности 95—98%, а сопротивление изоляции после этого должно быть не менее 1 000 *Мом* и остаточное изменение емкости не более $\pm 0,5\%$.

В следующих параграфах рассмотрим характеристики слюдяных конденсаторов герметизированной конструкции.

1-3. СЛЮДЯНЫЕ ГЕРМЕТИЗИРОВАННЫЕ КОНДЕНСАТОРЫ ТИПА КСГ-1, КСГ-2 и ССГ

Конденсаторы КСО допускают только кратковременную работу в условиях относительной влажности до 98%. Поэтому для длительной работы в условиях повышенной влажности создано несколько конструкций конденсаторов КСГ-1, КСГ-2, ССГ с вакуум-плотной герметизацией в металлических корпусах со стеклянными или керамическими изоляторами.

Конденсаторы слюдяные герметизированные КСГ (ГОСТ 6116-52) предназначены для работы в цепях переменного и постоянного токов в интервале температур от -60 до $+70^{\circ}\text{C}$ при атмосферном давлении до 5 *мм рт. ст.* и относительной влажности воздуха до 98%. Изготавливаются эти конденсаторы двух видов: КСГ-1 и КСГ-2 (рис. 1-7).

Реактивная мощность первых конденсаторов 50 *ва*, а вторых — 100 *ва*. Номинальная емкость конденсаторов КСГ-1 при рабочем напряжении 1 000 *в* лежит в пределах от 470 до 4 700 *нф*, а при напряжении 500 *в* от 470 до 20 000 *нф*. Номинальная емкость конденсаторов

КСГ-2 при рабочем напряжении 1 000 в лежит в пределах от 20 000 до 30 000 пф, а при напряжении 500 в от 20 000 до 100 000 пф. Промежуточные значения номинальных емкостей конденсаторов приведены в табл. 1-2.

По величине допускаемого отклонения емкости от ее номинального значения конденсаторы типа КСГ выпускаются тех же классов, что и конденсаторы КСО.

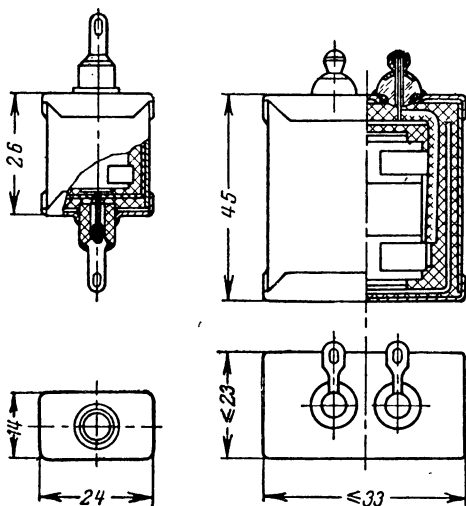


Рис. 1-7. Конструкция конденсаторов КСГ-1 и КСГ-2.

При нормальных условиях конденсаторы должны выдерживать без электрического перекрытия и пробоя испытательное напряжение постоянного тока, равное двойному рабочему, приложенному между выводами, а также между любым выводом и корпусом. При пониженном давлении до 90 мм рт. ст. и относительной влажности до 98% испытательное напряжение понижается до величины 1,2 $U_{\text{раб}}$. При работе конденсатора в цепи переменного или пульсирующего тока максимальная величина переменной составляющей приложенного напряжения не должна превышать 10% от рабочего напряжения постоянного тока для емкостей до 910 пф и не более 5% для емкостей выше 1 000 пф. Ток любой частоты

не должен быть более 0,05 а на 100 пф емкости конденсатора и не должен превышать вычисленный по формуле

$$i = \frac{4}{Vf}, \quad (1-17)$$

где f — частота тока, Мгц.

Конденсаторы КСГ по величине ТКЕ и ТСЕ разделяются на две группы Б и Г. Для группы Б — $\text{ТКЕ} \leq \pm 200 \cdot 10^{-6} \text{ град}^{-1}$ и $\text{ТСЕ} \leq 0,5\%$, а для группы Г — $\text{ТКЕ} \leq \pm 50 \cdot 10^{-6} \text{ град}^{-1}$ и $\text{ТСЕ} \leq 0,1\%$. Значения $R_{из}$ и $\text{tg } \delta$ у конденсаторов типа КСГ при различных условиях должны быть:

а) нормальные условия ($t = 20^\circ \text{C}$, относительная влажность не более 80%) — $\text{tg } \delta \leq 10 \cdot 10^{-4}$; $R_{из} \geq 7500 \text{ Мом}$;

б) температура $+70^\circ \text{C}$ — $\text{tg } \delta \leq 20 \cdot 10^{-4}$, $R_{из} \geq 2500 \text{ Мом}$;

в) после 250 ч пребывания во влажности 98% при температуре 20°C $\text{tg } \delta \leq 20 \cdot 10^{-4}$, $R_{из} \geq 2500 \text{ Мом}$;

г) после трех термических циклов $\text{tg } \delta \leq 20 \cdot 10^{-4}$, $R_{из} \geq 2500 \text{ Мом}$ (термические циклы такие же, как у конденсаторов типа КСО).

Конденсаторы КСГ способны работать в условиях вибраций, создающих ускорение до 5 g. При испытаниях конденсаторы должны выдерживать в течение 3 ч вибрации частотой 45—50 гц и амплитудой колебаний 0,5 мм без нарушения электрической прочности, герметичности и без механических повреждений.

Конденсаторы КСГ собираются из серебряной слюды в пакеты аналогично пакетам конденсаторов КСО. Пакет конденсаторов КСГ обжимается обжимками, как и пакет КСО (рис. 1-5), только вместо опрессовки пластмассой он вставляется в металлический корпус со стеклянными или керамическими изоляторами, расположенными с двух противоположных концов корпуса (рис. 1-7). К трубкам стеклянных изоляторов припаиваются выводные лепестки. Для изоляции пакета от металлического корпуса применяются прокладки и обертки.

Пакеты конденсаторов пропитывают церезином. Все свободное пространство внутри конденсатора так же заполняется церезином.

Особенности конденсаторов КСО в отношении ТКЕ, ТСЕ и мерцания в равной мере относятся и к конденсаторам КСГ.

Конструкция конденсатора КСГ-2 несколько отличается от КСГ-1 конструкцией корпуса, обжимки и применением стеклянного изолятора (рис. 1-4 и 1-7).

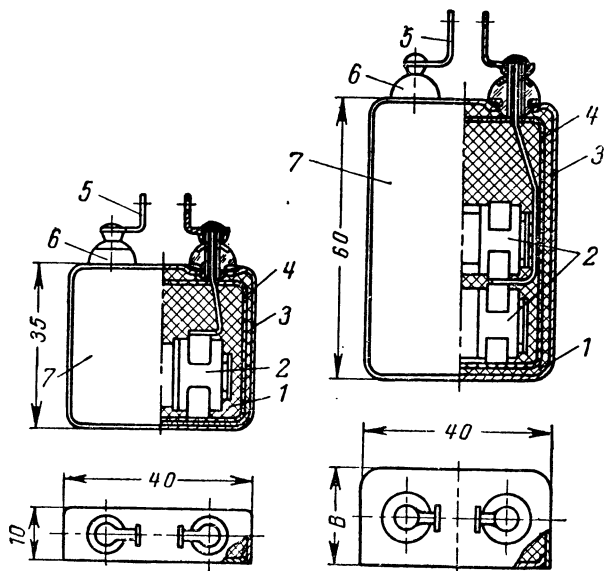


Рис. 1-8. Конструкция конденсатора ССГ.

1 — черезин; 2 — пакеты; 3 — корпус; 4 — изоляционный пакет; 5 — лепесток; 6 — изолятор; 7 — крышка.

Конденсаторы ССГ, так же как и конденсаторы КСГ, имеют вакуум-плотную герметизацию, но конструкция корпуса и расположение пакетов в корпусе несколько иное, чем у конденсаторов КСГ (рис. 1—8). Конструкция пакета показана на рис. 1-5. Пакет представляет собой плоский конденсатор, собранный из пластинок серебряной слюды.

Корпус конденсатора изготавливается из стали и по особому требованию для лучшей защиты от воздействия магнитных полей из меди. Применяются конденсаторы в интервале температур от -50 до $+60^{\circ}\text{C}$, в условиях относительной влажности до 98% при температуре

+25°С, в условиях вибрации с ускорением до 6 g при частоте от 10 до 70 *гц* и тряске с ударным ускорением до 75 g. Выпускаются конденсаторы ССГ трех видов: ССГ-1, ССГ-2 и ССГ-3. Внешний вид и габаритные размеры их приведены на рис. 1-8. Конденсаторы ССГ-1 выпускаются от 150 до 5 000 *нф*, ССГ-2 от 50 000 до 100 000 *нф*, ССГ-3 от 100 000 до 200 000 *нф*. Величины номинальных емкостей, изготавливаемых в этих пределах, и значения допустимых отклонений емкости от номинальной указаны в табл. 1-8.

Таблица 1-8

Диапазон емкостей конденсаторов, <i>нф</i>	Значения номинальных величин в этом диапазоне, <i>нф</i>	Величины допускаемых отклонений емкости от номинальных значений
150—1 000	150, 153, 157, 160, 163, 167, 170, 173 и т. д.	$\pm 10 \text{ нф}$, $\pm 1\%$, $\pm 2\%$ (но не точнее $\pm 1 \text{ нф}$)
1 000—3 500	1 000, 1 005, 1 010, 1 015 и т. д.	То же
3 500—10 000	3 500, 3 505, 3 510, 3 515 и т. д.	$\pm 0,3\%$, $\pm 0,5\%$, $\pm 1\%$
10 000—30 000	10 000, 10 010, 10 020 и т. д.	То же
30 000—100 000	30 000, 30 030, 30 070, 30 100, 30 130 и т. д.	То же
100 000—200 000	100 000, 100 100, 100 200 и т. д.	То же

Конденсаторы изготавливаются на рабочее напряжение 350 в и должны выдерживать в течение 10 сек испытательное напряжение постоянного тока величиной 1 000 в, приложенное либо между выводами, либо между выводом и корпусом.

Температурный коэффициент емкости должен быть не более $\pm 50 \cdot 10^{-6} \text{ град}^{-1}$.

Максимальная величина тангенса угла диэлектрических потерь при температуре $20 \pm 5^\circ \text{С}$ должна быть не более $15 \cdot 10^{-4}$ для номинальных емкостей от 150 до 500 *нф*, $10 \cdot 10^{-4}$ для емкостей от 500 до 1 500 *нф*, $7 \cdot 10^{-4}$ — от 1 500 до 3 000 *нф* и $5 \cdot 10^{-4}$ для емкости от 3 000 до 200 000 *нф*.

Сопротивление изоляции при температуре окружающего воздуха $20 \pm 5^\circ \text{С}$ и относительной влажности до 70% должно быть не менее 7 500 *Мом*, а между выво-

дом и корпусом не менее 4 000 *Мом*. После пребывания в течение 48 ч при температуре $25 \pm 2^\circ \text{C}$ и относительной влажности 95—98% сопротивление изоляции соответственно должно быть не менее 5 000 и 2 500 *Мом*.

Конденсаторы должны выдерживать следующий режим температуры и влаги: при температуре $+60^\circ \text{C}$ и относительной влажности до 70%—24 ч, при температуре -50°C —4 ч, при температуре $25 \pm 2^\circ \text{C}$ и относительной влажности 95—98%—48 ч. После этих испытаний допускается изменение величины емкости по сравнению с измеренной до испытаний на $\pm (0,1\% C + 1 \text{ пф})$ для конденсаторов до 3 500 *пф* и $\pm 0,1\%$ — для конденсаторов свыше 3 500 *пф*.

Конденсаторы в металлическом корпусе вакуум-плотной конструкции нашли большое применение в радиотехнике, в измерительных приборах и в аппаратуре дальней связи.

1-4. СЛЮДЯНЫЕ ГЕРМЕТИЗИРОВАННЫЕ КОНДЕНСАТОРЫ ТИПА СГМ И СГМЗ

Конденсаторы типа СГМ и СГМЗ подобно конденсаторам КСГ и ССГ являются конденсаторами с вакуум-плотной герметизацией. Корпусом конденсатора служит керамическая трубочка, запаянная с двух сторон металлическими колпачками (выводы для навесного монтажа).

Слюдяные герметизированные малогабаритные конденсаторы СГМ (ГОСТ 7111-51) предназначены для работы в цепях постоянного и переменного тока в интервале температур от -60 до $+80^\circ \text{C}$ при относительной влажности до 98%, при атмосферном давлении воздуха до 5 мм рт. ст. для конденсаторов на рабочее напряжение до 500 в и до 40 мм рт. ст. для конденсаторов на рабочее напряжение свыше 500 в.

Изготавливаются эти конденсаторы четырех видов: СГМ-1, СГМ-2, СГМ-3 и СГМ-4. Внешний вид их приведен на рис. 1-9, а габаритные размеры в табл. 1-9.

Реактивная мощность конденсаторов СГМ-1 и СГМ-2 не более 5 *ва*, СГМ-3 не более 10 *ва*, СГМ-4 не более 20 *ва*. Номинальная емкость при рабочем напряжении 250 в конденсаторов СГМ-1 лежит в пределах от 51 до 560 *пф*, а СГМ-2 от 620 до 1 200 *пф*. Номинальная ем-

кость конденсаторов СГМ-3 лежит в пределах от 51 до 4 300 $n\phi$ при $U_{\text{раб}}=500$ в, от 100—4 000 $n\phi$ при $U_{\text{раб}}=1\,000$ в и от 100—1 500 $n\phi$ при $U_{\text{раб}}=1\,500$ в. Конденсаторы СГМ-4 выпускаются от 6 800 до 10 000 $n\phi$ при $U_{\text{раб}}=250$ в, от 4 700 до 6 200 при $U_{\text{раб}}=500$ в, от 3 300 до 6 800 $n\phi$ при $U_{\text{раб}}=1\,000$ в, от 1 600 до 3 900 $n\phi$ при

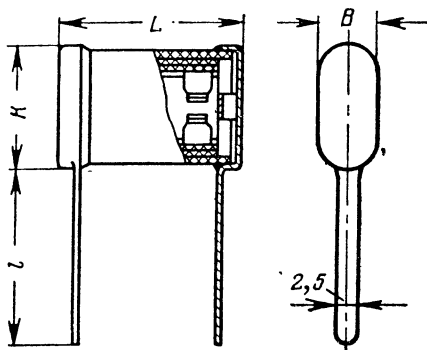


Рис. 1-9. Конструкция конденсаторов СГМ и СГМЗ.

$U_{\text{раб}}=1\,500$ в. Промежуточные значения номинальных емкостей приведены в табл. 1-2. По величине допускаемого отклонения емкости от номинального значения, указанного в маркировке, конденсаторы СГМ выпускаются тех же классов, что и конденсаторы типа КСО.

При нормальных условиях конденсаторы должны выдерживать без электрического перекрытия и пробоя испытательное напряжение постоянного тока, равное двойному рабочему напряжению, а при пониженном атмосферном давлении напряжение, равное $1,2 U_{\text{раб}}$.

Таблица 1-9

Вид конденсатора	Размеры, мм				Вес, г
	L	K	B	l	
СГМ-1	$13 \pm 1,5$	9,5	6,0	30 ± 1	3,0
СГМ-2	$13 \pm 1,5$	10,0	7,0	30 ± 1	3,5
СГМ-3	$18 \pm 1,5$	13,5	7,5	30 ± 1	5,0
СГМ-4	$18 \pm 1,5$	22,0	9,0	40 ± 1	10,0

При работе конденсатора в цепях переменного тока амплитуда напряжения не должна превышать 250 в при частоте до 500 гц, 150 в при частоте 500—1 000 гц и 50 в при частоте выше 10 000 гц. При этом амплитуда переменной составляющей напряжения в вольтах ($U_{\sim}$) не должна превышать значений, вычисленных по формуле 1-7.

При включении конденсаторов в цепь пульсирующего тока сумма постоянной и переменной составляющих напряжений не должна превышать $U_{\text{раб}}$.

По величине ТКЕ и ТСЕ конденсаторы СГМ выпускают Б и Г групп. Для группы Б — ТКЕ не должно превышать $\pm 200 \cdot 10^{-6} \text{ град}^{-1}$, а ТСЕ $\pm 0,3\%$. Для группы Г — ТКЕ допускается не более $\pm 50 \cdot 10^{-6} \text{ град}^{-1}$, а ТСЕ $\pm 0,1\%$.

Значения $\text{tg } \delta$ и $R_{\text{из}}$ у конденсаторов типа СГМ при различных условиях должны быть:

а) нормальные условия: $\text{tg } \delta \leq 10 \cdot 10^{-4}$, $R_{\text{из}} \geq 10\,000 \text{ Мом}$;

б) при температуре $+80^\circ\text{C}$ $\text{tg } \delta \leq 15 \cdot 10^{-4}$, $R_{\text{из}} \geq 2\,500 \text{ Мом}$;

в) после 250 ч пребывания при влажности 98% и температуре 20°C $\text{tg } \delta \leq 15 \cdot 10^{-4}$, $R_{\text{из}} \geq 2\,500 \text{ Мом}$;

г) после трех температурных циклов (как у конденсаторов типа КСО) $\text{tg } \delta \leq 15 \cdot 10^{-4}$, $R_{\text{из}} \geq 2\,500 \text{ Мом}$.

При испытаниях конденсаторы должны выдерживать в течение 3 ч действие вибраций, создающих ускорение до 10 g на одной из частот от 25 до 75 гц без нарушения механической и электрической прочности.

Пакеты конденсаторов СГМ собираются аналогично пакетам конденсаторов типа КСО, но только из серебряной слюды. Пакеты обжимаются, несколько другой, чем у КСО, обжимкой (рис. 1-4) и вместо опрессовки пластмассой вставляются в керамический корпус. Выводы пакета припаиваются к металлическим наружным колпачкам по обе стороны керамической трубочки. Для уплотнения и ориентации пакета в корпусе применяется полистирольная лента, которой пакет обертывается так, чтобы он плотно входил в керамический корпус.

Конденсаторы СГМЗ имеют такую же конструкцию, как и конденсатор СГМ с той разницей, что фольговые выводы припаиваются к обжимке. Буква З в названии

означает, что эти конденсаторы выпускаются на любую заданную в ТУ емкость. Применяются они в ответственных узлах аппаратуры связи и в измерительных приборах, где требуется иметь конденсаторы с точным значением емкости.

Конденсаторы типа СГМЗ выпускаются двух видов: СГМЗ-А и СГМЗ-Б. Пределы номинальных емкостей конденсаторов СГМЗ-А лежат от 50 до 4 000 *пф*, а конденсаторов СГМЗ-Б от 4 000 до 10 000 *пф*.

Конденсаторы изготавливаются на рабочее напряжение 350 в согласно номиналам и допускам, указанным в табл. 1-10.

Таблица 1-10

Диапазон номинальных емкостей, <i>пф</i>	Шкала номинальных величин емкостей, <i>пф</i>	Допустимое отклонение емкости
50—100	50, 52, 54, 56 . . .	± 2 <i>пф</i>
105—1 000	105, 110, 115 . . .	± 5 <i>пф</i>
1 005—3 000	1 005, 1 010, 1 015	± 10 <i>пф</i>
3 005—10 000	3 005, 3 010, 3 015	$\pm 0,3\%$; $\pm 0,5$; 1%

Внешний вид конденсаторов СГМЗ приведен на рис. 1-9. Габаритные размеры конденсаторов СГМЗ-А и СГМЗ-Б аналогичны соответствующим размерам СГМ-3 и СГМ-4 (табл. 1-9).

Конденсаторы СГМЗ могут работать в интервале температур от -60 до $+70^\circ\text{C}$ при относительной влажности до 98%. Они должны выдерживать в течение 3 ч вибрации, создающие ускорения до 10 *g* при частотах 25—75 *гц*, а также воздействие тряски с ударным ускорением до 50 ± 5 *g* с частотой 60—80 ударов в минуту с общим числом 2 000 ударов.

Конденсаторы должны выдерживать приложенное между выводами испытательное напряжение постоянного тока, равное 1 000 в, в течение 10 сек.

По величине температурного коэффициента емкости конденсаторы СГМЗ выпускаются двух групп: I группа с $\text{ТКЕ} \leq \pm 50 \cdot 10^{-6} \text{ град}^{-1}$ и II группа с $\text{ТКЕ} \leq \pm 200 \cdot 10^{-6} \text{ град}^{-1}$.

При температуре $20 \pm 5^\circ\text{C}$ и относительной влажности до 70% тангенс угла диэлектрических потерь должен быть не более $15 \cdot 10^{-4}$ для емкостей менее 500 *пф*,

$10 \cdot 10^{-4}$ для емкостей от 500 до 1500 пф и $7 \cdot 10^{-4}$ для емкостей свыше 1500 пф. Сопротивление изоляции между выводами при тех же условиях должно быть не менее 10 000 Мом, а после выдержки в течение 48 ч при температуре $+40^\circ\text{C}$ и относительной влажности 95—98% не менее 2500 Мом. После температурного цикла (30 мин при $-60 \pm 2^\circ\text{C}$, 15 мин при $20 \pm 5^\circ\text{C}$, 30 мин при $+70 \pm 2^\circ\text{C}$ и 15 мин при $20 \pm 5^\circ\text{C}$) изменение величины емкости конденсаторов при крайних значениях рабочих температур не должно превышать:

± 1 пф для емкостей в диапазоне от 50 до 100 пф
 $\pm(0,3\%+1$ пф) для емкостей в диапазоне от 100 до 500 пф
 $\pm(0,2\%+1$ пф) для емкостей в диапазоне от 500 до 1500 пф
 $\pm(0,15\%+1$ пф) для емкостей в диапазоне от 1500 до 3000 пф
 $\pm 0,15\%$ для емкостей в диапазоне от 3000 до 6000 пф
 $\pm 0,1\%$ для емкостей в диапазоне от 6000 до 10 000 пф

Величина $\text{tg } \delta$ при этом должна быть не более $15 \cdot 10^{-4}$, а $R_{\text{из}}$ должно иметь значение не менее 2500 Мом.

Другие выпускаемые нашей промышленностью слюдяные низковольтные конденсаторы постоянной емкости в данной книге не рассматриваются по причине того, что их выпуск значительно меньше рассмотренных, по конструкции они во многих отношениях аналогичны приведенным и их характеристики в значительной мере схожи.

1-5. СТЕКЛОЭМАЛЕВЫЕ КОНДЕНСАТОРЫ ТИПА КС И СТЕКЛОКЕРАМИЧЕСКИЕ ТИПА СКМ

Конструкция стеклоэмалевых и стеклокерамических конденсаторов имеет некоторое сходство с конструкцией слюдяных конденсаторов.

Основное сходство заключается в том, что те и другие конденсаторы плоские и состоят из чередующихся прямоугольных слоев диэлектрика и прямоугольных сбкладок. Поэтому расчеты, приведенные в §1-2 для конденсаторов типа КСО, могут быть использованы при расчете стеклокерамических и стеклоэмалевых конденсаторов.

Обкладками служат слои серебра, а диэлектриком являются слои стеклоэмалевой или стеклокерамической массы. Состав массы определяется требованиями, ко-

горые предъявляются к электрическим характеристикам конденсатора и, в первую очередь, к величине температурного коэффициента емкости. Схематическое устройство стеклоэмалевого конденсатора приведено на рис. 1-10.

Одной из основных особенностей конструкции этих конденсаторов является то, что готовый конденсатор представляет собой монолитное соединение обкладок и диэлектрика. Обкладки конденсатора так прочно соединены с диэлектриком, что отделить элементарные конденсаторы, соединенные друг с другом параллельно, не представляется возможным.

Второй основной особенностью конструкции является то, что после изготовления пакета конденсатора, или, как принято называть, таблетки, конструкция приобретает достаточную механическую прочность и хорошую влагозащищенность. Для создания герметичной конструкции конденсатора, способной работать в условиях высокой относительной влажности, достаточно защитить только поверхность стеклоэмали или стеклокерамики. Эта защита осуществляется окраской готового конденсатора эмалью ЭКР-1.

Все эти особенности конструкции позволяют создавать стеклоэмалевые и стеклокерамические конденсаторы с электрическими характеристиками, не уступающими характеристикам слюдяных конденсаторов, а в ряде случаев даже с превосходящими.

Крупным недостатком рассматриваемых конденсаторов является некоторое ограничение в величине емкости. При изготовлении стеклоэмалевых конденсаторов больших номинальных емкостей (с электрическими характеристиками, сходными с характеристиками слюдяных конденсаторов) их габаритные размеры и вес получаются большими, чем у слюдяных конденсаторов тех же номиналов.

Рассмотрим характеристики стеклоэмалевых конденсаторов типа КС и стеклокерамических конденсаторов типа СКМ.

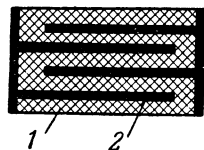


Рис. 1-10. Схематическое устройство стеклоэмалевого конденсатора.

1 — слой стеклоэмали;
2 — слой серебра.

Стеклоэмалевые конденсаторы КС постоянной емкости малой мощности изготавливаются в массовом производстве с выводами и без выводов (ГОСТ 10069-62).

Конденсаторы КС-1, КС-2, КС-3 могут быть как с выводами, так и без выводов, а конденсаторы КС-4 только без выводов. Внешний вид конденсаторов КС приведен на рис. 1-11, а основные габаритные размеры в табл. 1-11.

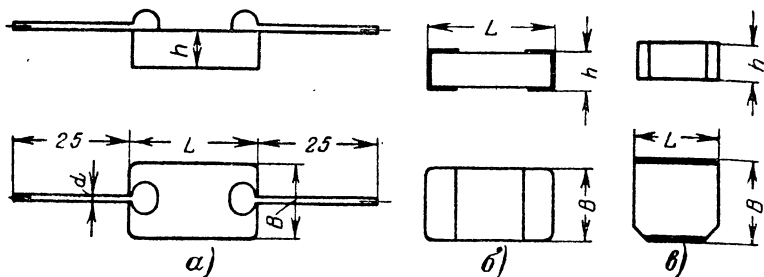


Рис. 1-11. Внешний вид конденсатора КС:

а — КС-1, КС-2, КС-3 с выводами; б — КС-1, КС-2, КС-3 без выводов;
в — КС-4.

Конденсаторы предназначены: для работы в цепях постоянного, переменного и импульсного тока при относительной влажности до 98% при $t=40^{\circ}\text{C}$; в интервале температур от -60 до $+100^{\circ}\text{C}$ (конденсаторы КС-1, КС-2, КС-3) и до $+155^{\circ}\text{C}$ (конденсаторы КС-4); при атмосферном давлении до 15 мм рт. ст. при номинальном напряжении и до 5 мм рт. ст. при снижении номинального напряжения с 500 до 300 в для конденсаторов КС-1, КС-2, КС-3 и с 300 до 200 в для конденсаторов КС-4.

Конденсаторы должны выдерживать без механических повреждений, изменения емкости и нарушения электрической прочности вибрацию с ускорением до 10 g в диапазоне частот от 5 до 600 гц, ударную нагрузку с ускорением до 12 g с общим числом ударов 5000 и линейное ускорение до 25 g. Номинальное рабочее напряжение и пределы номинальных емкостей приведены в табл. 1-11. Конденсаторы КС могут иметь в указанных пределах любые промежуточные значения номинальных емкостей согласно шкале емкостей ГОСТ 2519-60

в пределах допустимых отклонений емкости ± 2 , ± 5 , ± 10 и $\pm 20\%$ для конденсаторов КС-1, КС-2, КС-3 и $\pm 2\%$, $\pm 5\%$ для конденсаторов КС-4, но не точнее ± 1 пф.

Таблица 1-11

Вид конденсатора	Номинальное напряжение постоянного тока, в	Пределы номинальных емкостей, пф	Реактивная мощность, ва	Размеры, мм		
				L	B	h
КС-1	500	10—120	100	14	8	3,7
		130—300				6
КС-2	500	200—750	200	19	12	6
КС-3	500	510—1 000	200	20	15	6
КС-4	300	9,1—200	15	9	9	4

Конденсаторы должны выдерживать без пробоя и поверхностного разряда испытательное напряжение постоянного тока, равное двойному номинальному напряжению.

При работе в цепях переменного тока амплитуда переменного напряжения не должна превышать номинальной величины напряжения постоянного тока.

При работе конденсаторов в цепях пульсирующего тока сумма амплитудного значения напряжения переменной и постоянной составляющей не должна превышать номинальной величины напряжения постоянного тока, а при работе в импульсном режиме величина напряжения импульса не должна превышать номинальной величины напряжения постоянного тока.

По величине температурного коэффициента емкости и величине температурной стабильности емкости конденсаторы КС выпускаются четырех групп:

группа Р — $\text{TKE} \leq + (65 \pm 35) \cdot 10^{-6} \text{ град}^{-1}$; $\text{TCE} \leq \pm 1,5\%$

группа О — $\text{TKE} \leq (0 \pm 30) \cdot 10^{-6} \text{ град}^{-1}$; $\text{TCE} \leq \pm 0,5\%$

группа М — $\text{TKE} \leq - (47 \pm 30) \cdot 10^{-6} \text{ град}^{-1}$; $\text{TCE} \leq \pm 2\%$

группа П — $\text{TKE} \leq - (130 \pm 50) \cdot 10^{-6} \text{ град}^{-1}$; $\text{TCE} \leq \pm 2\%$

Указанные в табл. 1-11 реактивные мощности конденсаторов допустимы при температуре окружающей среды не выше 40°C . При повышении температуры величины реактивных мощностей должны быть снижены из расчета $0,5\%$ на 1°C . Реактивная мощность конден-

Таблица 1-12

Вид конденсатора	Пределы номинальных емкостей по группам, пф			
	Р	О	М	П
КС-1	10—180	10—200	15—240	20—300
КС-2	200—470	220—510	270—560	330—750
КС-3	510	560—620	620—750	820—1 000
КС-4	9,1—200	9,1—200	51—200	130—200

саторов КС-4 в интервале температур 100—155° С не должна превышать 5 ва.

Значения $\operatorname{tg} \delta$ и $R_{\text{из}}$ у конденсаторов КС должны быть:

а) при температуре $25 \pm 10^\circ \text{С}$ и относительной влажности $65 \pm 15\%$

$$\operatorname{tg} \delta \leq 15 \cdot 10^{-4};$$

$$R_{\text{из}} \geq 20\,000 \text{ Мом};$$

б) при температуре 100° С (155° С для КС-4)

$$\operatorname{tg} \delta \leq 20 \cdot 10^{-4};$$

$$R_{\text{из}} \geq 15\,000 \text{ Мом};$$

в) после 96 ч пребывания при относительной влажности до 98% и температуре 40° С

$$\operatorname{tg} \delta \leq 30 \cdot 10^{-4};$$

$$R_{\text{из}} \geq 2\,000 \text{ Мом}.$$

После воздействия трех температурных циклов (цикл состоит из выдержки конденсаторов в течение 30 мин при максимальной отрицательной температуре, 15 мин при $t = 25 \pm 10^\circ \text{С}$), 30 мин при максимальной по-

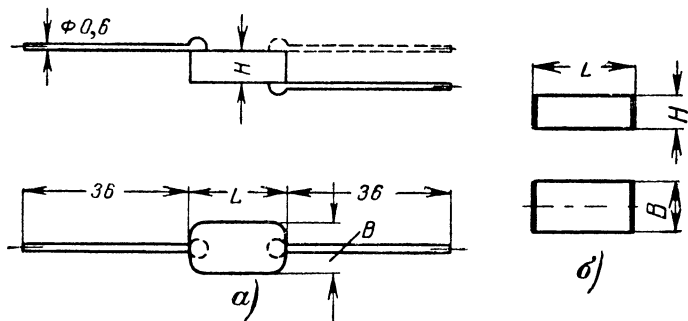


Рис. 1-12. Внешний вид конденсатора СКМ:

а — СКМ-1, СКМ-2 с выводами; б — СКМ-1, СКМ-2 без выводов.

ложительной температуре и 15 мин при $t = 25 \pm 10^\circ \text{С}$), конденсаторы не должны иметь механических повреждений и должны выдерживать напряжение постоянного тока, равное полуторному номинальному напряжению.

Стеклокерамические конденсаторы типа СКМ принципиально не отличаются по конструкции от конденсаторов КС (основное их отличие в том, что применяется другой состав массы диэлектрика). Они так же, как конденсаторы КС, могут быть с выводами и без выводов. Внешний вид их приведен на рис. 1-12. Габаритные размеры конденсатора СКМ-1: L — не более 10,5 мм, B — не более 5,5 мм и H — не более 3,5 мм; соответственно для СКМ-2—13,5 мм, 7,5 мм и 5 мм. Пределы номинальных емкостей, рабочих напряжений, интервалы рабочих температур, допустимая реактивная мощность, группа и значения ТКЕ приведены в табл. 1-13.

Конденсаторы группы Н — низкочастотные, имеют двухсторонний допуск от +60% до —40%.

Конденсаторы СКМ предназначаются для работы в цепях постоянного, переменного и импульсного токов при относительной влажности до 98%, атмосферном

Таблица 1-13

Вид конденсатора	Группа ТКЕ	Величина ТКЕ в интервале температур от 30 до 70° С, $1 \cdot 10^{-6} \text{ град}^{-1}$	Пределы номинальных емкостей, пф	Рабочее напряжение, в	Интервал рабочих температур, °С	Допустимая реактивная мощность, вар
СКМ-1	О	(0 ± 30)	10—150	250	—60+125	40
СКМ-1	О	(0 ± 30)	10—75	250	—60+155	30
СКМ-1	М	$-(47 \pm 30)$	10—150	250	—60+125	40
СКМ-1	Ж	$-(330 \pm 60)$ —90	20—360	250	—60+125	40
СКМ-1	Н	Не нормируется	680—1 500	125	—60+100	—
СКМ-2	О	(0 ± 30)	160—510	250	—60+125	55
СКМ-2	О	(0 ± 30)	160—220	250	—60+155	40
СКМ-2	М	$-(27 \pm 30)$	160—510	250	—60+125	55
СКМ-2	Ж	$-(330 \pm 60)$ —90	390—1 000	250	—60+125	55
СКМ-2	Н	Не нормируется	1 600—5 100	125	—60+100	—
СКМ-2	О	(0 ± 30)	51—300	500	—60+125	55
СКМ-2	О	(0 ± 30)	51—150	500	—60+155	40
СКМ-2	М	$-(47 \pm 30)$	51—300	500	—60+125	55
СКМ-2	Ж	$-(330 \pm 60)$ —90	100—510	500	—60+125	55
СКМ-2	Н	Не нормируется	1 000—2 700	250	—60+100	—

давлении до 5 мм рт. ст., в условиях вибрации с ускорением до 10 g.

Промежуточные значения номинальных емкостей соответствуют шкале емкостей ГОСТ 2519-60 и выпускаются с отклонениями емкости от номинальной ± 2 , ± 5 , ± 10 и $\pm 20\%$, но не точнее $\pm 1n\phi$ (кроме группы Н). С отклонением емкости от номинальной $\pm 2\%$ выпускаются конденсаторы емкостью свыше 30 $n\phi$.

Конденсаторы типа СКМ групп по ТКЕ О, М, Ж на переменном токе допускают работу при высокочастотных напряжениях не более 50% рабочего напряжения постоянного тока, а конденсаторы групп Н — 10% при частоте 50 $гц$ и 1% при частоте 10 000 $гц$.

При температуре окружающей среды $+25 \pm 10^\circ C$ и относительной влажности до 80% тангенс угла диэлектрических потерь не должен превышать $20 \cdot 10^{-4}$ (для групп Н — $100 \cdot 10^{-4}$), а сопротивление изоляции должно быть не менее 10 000 $Мом$ (для группы Н — 5 000 $Мом$). При максимальных положительных температурах после воздействия температурных циклов и увлажнения в течение 250 ч $tg \delta$ должен быть не более $30 \cdot 10^{-4}$ (для группы Н не более $150 \cdot 10^{-4}$), а $R_{из}$ не должно быть менее 1 000 $Мом$ (для группы Н ниже 500 $Мом$).

Для обеспечения таких высоких электрических характеристик технологический процесс изготовления конденсаторов должен строго соблюдаться. Технологические процессы изготовления стеклоэмалевых и стеклокерамических конденсаторов сходны между собой и резко отличаются от технологического процесса изготовления слюдяных конденсаторов.

ГЛАВА ВТОРАЯ

МАТЕРИАЛЫ И ПОЛУФАБРИКАТЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В ПРОИЗВОДСТВЕ СЛЮДЯНЫХ И СТЕКЛОЭМАЛЕВЫХ КОНДЕНСАТОРОВ

2-1. МАТЕРИАЛ — ОСНОВА КОНСТРУКЦИИ КОНДЕНСАТОРА

В производстве конденсаторов применяются самые разнообразные электротехнические материалы.

Под электротехническими материалами обычно понимают те материалы, которые обладают особыми

свойствами по отношению к электрическому току и магнитному полю, т. е. материалы электроизоляционные, полупроводниковые и магнитные.

В данной главе будут рассмотрены только проводниковые и электроизоляционные материалы, а также некоторые вспомогательные материалы, необходимые для производства слюдяных и стеклоэмалевых конденсаторов.

Ввиду того, что конденсаторы работают в самых разнообразных условиях (климатических, иногда в условиях резких колебаний температур в диапазоне от -60 до $+150^{\circ}\text{C}$, в условиях резких колебаний атмосферного давления, при значительных вибрациях и тряске, а в ряде случаев при больших центробежных перегрузках и т. д.), материалы, применяемые в конструкциях конденсаторов, должны выполнять разнообразные функции. Поэтому становится ясно, насколько важно знать свойства применяемых в конденсаторостроении материалов как при проектировании новых конденсаторов, так и при изготовлении их.

Правильный выбор или замена материалов позволяют уменьшить вес и габаритные размеры конденсаторов, снизить стоимость их изготовления, повысить надежность работы. Знание свойств материалов помогает определять наиболее целесообразные способы их обработки для получения необходимых характеристик конденсаторов с наибольшей производительностью труда, с наименьшим браком и отходами, с наименьшей стоимостью.

Материал для любой детали конденсатора должен в первую очередь удовлетворять своему функциональному назначению. Если основное назначение детали нести механическую нагрузку, то основным свойством материала должна быть механическая прочность. Для деталей, от которых требуется высокая электрическая прочность, основным свойством материала должна быть большая устойчивость против электрического пробоя.

В большинстве случаев функциональное назначение детали предъявляет многосторонние требования к материалу. Так, например, пластина слюды должна обладать малыми диэлектрическими потерями, малым температурным коэффициентом, хорошей механической и

электрической прочностью. Кроме требований, вытекающих из функционального назначения детали, имеется еще целый ряд требований, необходимость которых обуславливается технологическими, эксплуатационными и экономическими соображениями.

Не следует также забывать, что любой материал, как правило, обладает рядом сопутствующих и вредных свойств.

К сопутствующим свойствам относятся те свойства, которые не ухудшают качества детали, но не являются необходимыми. К вредным свойствам относятся те ее свойства, которые ухудшают качество детали.

Основываясь на изложенном, можно определить требования к материалам. Кратко эти требования можно сформулировать так:

1) материал детали должен наиболее полно соответствовать ее функциональному назначению;

2) наряду с полезными свойствами должны быть учтены его сопутствующие и вредные свойства для конкретного функционального назначения детали. Вредные свойства не должны в конечном счете существенно снижать экономическую целесообразность применения материала;

3) материал по возможности должен позволять использовать при его обработке наиболее экономичные и прогрессивные технологические процессы;

4) стоимость его должна быть минимальной;

5) в процессе эксплуатации он должен обеспечивать высокую надежность конденсатора.

Наиболее важные для конденсаторного производства характеристики материалов, указанные в соответствующих ГОСТ или ТУ, перед запуском в производство должны быть проверены на конденсаторостроительном заводе, помимо их проверки на заводе-поставщике. Эта проверка осуществляется в заводских лабораториях методами, оговоренными в соответствующих ГОСТ или ТУ.

Методы испытания материалов, а также оборудование, применяемое для этой цели, хорошо описаны в книге Д. М. Казарновского «Испытание радиотехнических материалов и деталей» [Л. 15], а также в ряде других источников [Л. 1, 3, 4, 10, 16, 17 и т. п.].

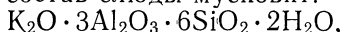
2-2. КОНДЕНСАТОРНАЯ СЛЮДА

Конденсаторная слюда является диэлектриком слюдяного конденсатора, поэтому ее свойства в значительной мере определяют электрические параметры изготавливаемых из нее конденсаторов.

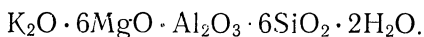
Слюда — природный минеральный материал кристаллического строения, слоистой структуры, относящийся к группе водных алюмосиликатов, так как он содержит Al_2O_3 , SiO_2 и воду. В состав слюды входят также окислы металлов, по наличию которых различают виды слюды. Из большого числа видов слюды, встречающейся в природе, в конденсаторостроении в подавляющем большинстве случаев применяют в качестве основного диэлектрика слюду мусковит как обладающую наиболее высокими электрическими и механическими свойствами.

Слюда флогопит может применяться в качестве защитной слюды для изоляции пакета от обжимки или корпуса. В настоящее время делаются попытки применить слюду флогопит в качестве основного диэлектрика.

Химический состав слюды мусковит:



а слюды флогопит:



В состав слюды могут также входить соединения железа, натрия, кальция и др.

Мусковиты бывают бесцветными или имеют зеленоватый или красноватый оттенки, а флогопиты имеют более темные оттенки: янтарные, коричневые до почти черных, однако, хотя и редко, встречаются флогопиты и весьма светлые. Окраска слюды зависит от присутствия небольшого количества окислов хрома, железа и титана.

Добыча слюды сопровождается большими трудностями. Содержание слюды мусковит в основной породе 1,5—3%. Добытую на рудниках слюду сырец в виде кристаллов различных размеров направляют на слюдяные фабрики, на которых производится очистка и обрезка кристаллов и последующее изготовление прямоугольных пластинок слюды. Прямоугольные пластинки

слюды, которые применяются при изготовлении конденсаторов, называются шаблонкой. Шаблонка вырубается при помощи штампов из предварительно расцепленных кристаллов слюды (щипаная слюда). Из общего количества сырца выход шаблонки составляет около 0,4%, что сказывается на весьма высокой стоимости слюды.

В слюде мусковит чрезвычайно удачно сочетаются высокие электроизоляционные качества с хорошими физическими свойствами. Электрические свойства слюды мусковит: диэлектрическая проницаемость 6—7, температурный коэффициент диэлектрической проницаемости $\text{ТК}\epsilon$ $(+10) - (+20) \cdot 10^{-6} \text{ град}^{-1}$, тангенс угла диэлектрических потерь $1 - 1,5 \cdot 10^{-4}$, удельное объемное сопротивление $1 \cdot 10^{15} - 1 \cdot 10^{16} \text{ ом} \cdot \text{см}$, пробивная напряженность образца толщиной 0,025 мм в масле при частоте переменного тока 50 гц достигает величины 125—130 кВ/мм.

Физические свойства слюды также весьма высоки. Слюда мусковит выдерживает нагрев до 600°С без каких-либо внешних изменений. При повышении температуры нагрева выше 600°С начинается выделение кристаллизационной воды, сопровождаемое вспучиванием слюды.

При нагреве до 1000°С мусковит становится очень хрупким, а при нагреве до 1250—1300°С и выше плавляется в непрозрачное стекло. В рабочем интервале температур слюдяных конденсаторов слюда находится далеко от опасных для нее температур. Коэффициент теплопроводности слюды 0,0011—0,0013 кал/сек · см · град, теплоемкость 0,205 ккал/кг · град, коэффициент линейного расширения $10 \cdot 10^{-6} \text{ град}^{-1}$. Механические свойства слюды мусковит также достаточно высоки: прочность на разрыв 170—350 кг/см², прочность на сжатие 3700—5150 кг/см², плотность слюды 2,7—2,8 г/см³. Слюда в тонких слоях гибкая и одновременно твердая.

Слюда относится к числу химически стойких электроизоляционных материалов. Она обладает весьма малой гигроскопичностью, однако, из-за слоистости строения влага может проникать между слоями, значительно снижая электрические свойства слюды. Поэтому в производстве конденсаторов требуется сушка слюды и необходимы меры по герметизации пакетов слюдяных конденсаторов.

В конденсаторостроении применяют слюду шаблонок различных геометрических размеров от 4×9 мм до 50×60 мм. Толщина пластинок слюды обычно от 0,02 до 0,06 мм. Защитная слюда, применяемая в качестве электрической изоляции пакета от обжимок или корпуса, бывает толщиной от 0,08 до 0,3 мм. Конденсаторная слюда поставляется по ГОСТ 7134-57 и согласно ему разделяется на несколько сортов. Основные характеристики различных сортов конденсаторной слюды приведены в табл. 2-1.

Таблица 2-1

Наименование сорта	Марка сорта	Толщина пластинок, мм	Среднее значение $\operatorname{tg} \delta \cdot 10^4$		Среднее удельное объемное сопротивление ρ_v при 20°C , ом·см
			1 кГц	1 МГц	
Образцовая (мусковит)	СО	20—25 25—35 35—45 45—55 55—65	4	3,3	$2 \cdot 10^{15}$
Фильтровая (мусковит)	СФ	То же	7	3,3	$2 \cdot 10^{15}$
Низкочастотная (мусковит)	СНЧ	То же	10	4	$5 \cdot 10^{14}$
Высокочастотная (мусковит)	СВЧ	То же	—	6	$5 \cdot 10^{14}$
Защитная (мусковит или флогопит)	СЗ	80—300	—	—	—

Слюда марки СО применяется для изготовления образцовых конденсаторов с особо высокой стабильностью емкости и малым значением $\operatorname{tg} \delta$ при высоких и низких частотах. Слюда марки СФ применяется для фильтровых конденсаторов многоканальной проводной связи, марки СНЧ — для радиоконденсаторов, используемых в контурах низкой частоты, марки СВЧ — для высокочастотных конденсаторов. Слюда марки СЗ используется для изоляции пакетов от обжимок и корпусов (для этой марки величины ρ_v и $\operatorname{tg} \delta$ не оговариваются).

Для слюды марки СО допускается, чтобы не более 2% площади пластинки было занято пятнами или воздушными включениями, для слюды марки СФ — 3%, для других марок СНЧ, СВЧ, СЗ — наличие воздушных включений и пятен не оговаривается. Наличие проколов, пронизывающих слюду включений, включений, прово-

дящих ток (магнетит), горбин по ГОСТ 7134-57 не допускается. ГОСТ особо оговаривается волнистость пластин, допускаемая величина недоснятия, краевых расслоений, надломов, заломов углов и ряд других дефектов.

Испытательное напряжение также характеризует конденсаторную слюду. Пластинки слюды в зависимости от толщины должны выдерживать, не пробиваясь, на

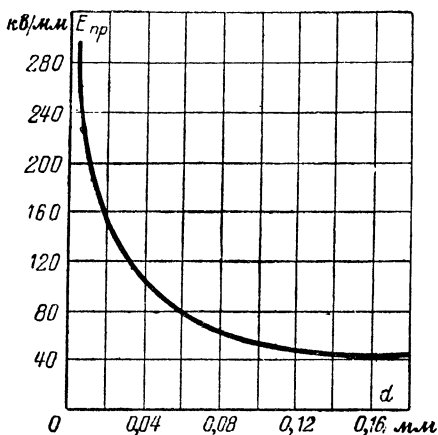


Рис. 2-1. Зависимость пробивной напряженности от толщины пластинок слюды.

воздухе при $t=20^{\circ}\text{C}$ и частоте переменного тока 50 гц следующее напряжение:

марки СО, СФ, СНЧ, СВЧ:

$d = 20 - 25 \text{ мк,}$	$U_{исп} = 1\,500 \text{ в}$
$d = 25 - 35 \text{ мк,}$	$U_{исп} = 2\,000 \text{ в}$
$d = 35 - 45 \text{ мк,}$	$U_{исп} = 2\,500 \text{ в}$
$d > 45 \text{ мк,}$	$U_{исп} = 3\,000 \text{ в}$
марки СЗ:	
$d = 80 - 150 \text{ мк,}$	$U_{исп} = 2\,000 \text{ в}$
$d = 150 - 300 \text{ мк,}$	$U_{исп} = 3\,000 \text{ в}$

Рассмотрим некоторые особенности конденсаторной слюды как диэлектрика:

1. Электрическая прочность слюды зависит от вида приложенного напряжения и от формы электрического поля.

При переменном напряжении повышенной частоты она несколько снижается по сравнению с ее значениями при частоте 50 гц, а при постоянном напряжении повышается в 1,5—2 раза.

На рис. 2-1 приведены зависимость пробивной напряженности пластинок мусковита от толщины при испытании в масле в условиях неоднородного поля и площади электродов менее 5 см^2 .

Учитывая, что в реальном слюдяном конденсаторе неоднородность электрического поля более резко выражена, а рабочая площадь слюды значительно больше (до $500\text{--}600 \text{ см}^2$) и, следовательно, вероятность наличия слабых мест в слюде с пониженной электрической прочностью возрастает, допускаемая напряженность электрического поля снижается (табл. 2-2), несмотря на повышение $E_{\text{пр}}$ с уменьшением толщины слюды.

Т а б л и ц а 2-2

Толщина пластинок, мм	Рабочее напряжение конденсатора, в	$E_{\text{раб.}}$ кв/мм
0,02	200—300	10—15
0,025	250—500	10—20
0,03	500—600	17—20
0,05—0,06	1 000	17—20
0,03×2	1 500	25
0,04×2	2 000	25
0,05×2	3 000	30
0,05×3	5 000	33,3

Множитель в первом столбце указывает число слюдинок между обкладками.

Как видно из таблицы, замена одной пластинки большей толщины на 2—3 тонкие слюдинки с той же суммарной толщиной позволяет заметно повысить $E_{\text{пр}}$ за счет уменьшения влияния слабых мест.

Необходимо заметить, что все приведенные выше данные получены при воздействии электрического поля перпендикулярно слоям слюды, что в большинстве случаев и имеет место в слюдяных конденсаторах. Если поле направить вдоль слоев слюды, то электрические данные резко ухудшатся: $E_{\text{пр}}$ при 50 гц составит 1—2 кв/мм, $\text{tg } \delta = 1\,000 \cdot 10^{-4} \text{—} 2\,000 \cdot 10^{-4}$, $\rho_v = 10^8 \text{—} 10^9 \text{ ом} \cdot \text{см}$.

2. Наличие воздушных включений в слюде в виде пузырьков воздуха, различных газов или иных включений может вызвать местное искажение электрического поля, что влечет за собой возникновение тангенциальной составляющей напряженности поля, направленной вдоль

плоскости слоев. Это явление вызывает ухудшение электрических свойств и в первую очередь ухудшение $\operatorname{tg} \delta$ на низких частотах за счет повышенной проводимости по поверхности раздела слоев слюды.

При высоком напряжении за счет возникновения ионизации также может произойти ухудшение $\operatorname{tg} \delta$. Воздушные включения могут ухудшать стабильность емкости слюдяных конденсаторов. Так, например, ТКЕ слюды с воздушными включениями может резко увеличиться по величине и сделаться даже отрицательным [до $(-100) \div (-200) \cdot 10^{-6} \text{ град}^{-1}$].

В негерметизированных конденсаторах при наличии воздушных включений может наблюдаться уменьшение емкости (порядка 0,01—2%) при снижении атмосферного давления до 125 мм рт. ст.

3. Пятнистость слюды также в ряде случаев сказывается отрицательно на ее электрических свойствах. Пятна — это инородные включения в слюде. Они бывают разнообразной формы и цвета. Чаще всего пятна представляют собой включения полупроводящих окислов железа. Отдельные пятна иногда повышают $\operatorname{tg} \delta$ слюды до $10 \cdot 10^{-4}$ — $20 \cdot 10^{-4}$, а пятна, занимающие 10—15% площади слюдинки, иногда поднимают $\operatorname{tg} \delta$ до $50 \cdot 10^{-4}$ — $60 \cdot 10^{-4}$. На радиочастотах влияние пятен на величину $\operatorname{tg} \delta$ сказывается меньше, чем на низких частотах. Пятна на слюде бывают очень разнообразными и их вредное влияние на характеристики конденсаторов необходимо устанавливать опытным путем.

4. Механические повреждения слюды могут приводить к резкому снижению ее электрической прочности. Поэтому важно, чтобы пластинки слюды имели как можно меньше естественных дефектов и дефектов обработки.

Поверхность пластинок не должна иметь волнистости, явно видимой невооруженным глазом. Разнотолщинность пластинок должна быть минимальной. Царапины, краевое расслоение, заломы, отколы углов пластин и другие дефекты обработки слюды должны быть также сведены к минимуму. Грязь на поверхности слюды, отпечатки пальцев и другие поверхностные загрязнения ухудшают электрические параметры слюды и в первую очередь могут привести к повышению $\operatorname{tg} \delta$. Поэтому следует стремиться к такому технологическому

процессу производства слюдяных конденсаторов, при котором сводится к минимуму прикосновение рук к слюде.

Следует заметить, что слюда дорогой и дефицитный природный материал. Ее месторождения на земле достаточно ограничены, и поэтому проводятся поиски полноценных заменителей слюды и делаются попытки создания синтетической слюды.

В настоящее время делаются достаточно успешные попытки создания синтетической слюды в СССР и США. Электрические характеристики полученной синтетической слюды приближаются к характеристикам слюды мусковит. Но получать крупные кристаллы синтетической слюды пока еще затруднительно, и стоит она дороже природной.

2.3. ИСХОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ СТЕКЛОЭМАЛИ И СТЕКЛОКЕРАМИКИ

Диэлектриком стеклоэмалевых конденсаторов типа КС и стеклокерамических типа СКМ служат специальным образом приготовленные и обработанные стеклоэмалевые массы.

В качестве основных исходных материалов для приготовления стеклоэмалевых масс применяется стеклоэмаль № 7, поставляемая по ТУ 2035-56, и керамическая масса класса I, группы «а» по ГОСТ 5458-57 (старое название — масса Т-150).

Стеклоэмаль № 7 представляет собой прозрачное, слегка желтоватое свинцово-бариевое стекло с малыми диэлектрическими потерями. Поставляется в виде прямоугольных плиток толщиной не более 15 мм с ориентировочными размерами 100×75 мм. Допускаются также куски произвольной формы, получающиеся при разрыве плиток при резком охлаждении их. Стеклоэмаль должна иметь гладкую стекловидную поверхность и излом без видимых невооруженным глазом включений частиц кварца, шамота, свинца. Температура начала размягчения конуса с диаметром основания 6—7 мм, изготовленного из порошка стеклоэмали № 7, должна быть в пределах 550—570°С, а температура образования капли эмали в пределах 830—890°С.

Второй составляющей стеклоэмалевой массы является высокочастотный керамический материал класса I, группы «а» (ГОСТ 5458-57). Этот материал обладает

диэлектрической проницаемостью при температуре $20 \pm 5^\circ \text{C}$ порядка 130—190. Температурный коэффициент емкости образца материала — $(1\,100—1\,500) \cdot 10^{-6} \text{ град}^{-1}$, тангенс угла диэлектрических потерь не более $6 \cdot 10^{-4}$ при $20 \pm 5^\circ \text{C}$, $10 \cdot 10^{-4}$ при 100°C , удельное объемное сопротивление при $100 \pm 5^\circ \text{C}$ не менее $10^{11} \text{ ом} \cdot \text{см}$, электрическая прочность 6 кВ/мм, температурный коэффициент линейного расширения не более $12 \cdot 10^{-6} \text{ град}^{-1}$.

Для составления масс при изготовлении стеклокерамических конденсаторов применяются борно-свинцовые силикаты № 6 и № 1019, поставляемые по ТУ № 7-55 ММП. Температура размягчения $365—450^\circ \text{C}$, температура образования капли $460—545^\circ \text{C}$, а температура полного растекания $590—695^\circ \text{C}$. Они не должны содержать включений кварцевых зерен, металлического свинца и прочих посторонних примесей. Поставляются они в зависимости от химического состава в виде плиток произвольной формы и размеров или в гранулах размером до 5,0 мм, а также в виде тонкомолотого порошка.

Кроме этого, для изготовления стеклокерамических конденсаторов в массу добавляются в разных количествах некоторые керамические материалы, поставляемые по ГОСТ 5458-57.

Высокочастотный керамический материал класса I, группы «б» (Т-80) имеет диэлектрическую проницаемость 65—100, температурный коэффициент емкости образца материала — $(700 \pm 100) \cdot 10^{-6} \text{ град}^{-1}$, тангенс угла диэлектрических потерь не более $6 \cdot 10^{-4}$ при $20 \pm 5^\circ \text{C}$ и $12 \cdot 10^{-4}$ при $100 \pm 5^\circ \text{C}$, удельное объемное сопротивление при $100 \pm 5^\circ \text{C}$ не менее $10^{11} \text{ ом} \cdot \text{см}$.

Высокочастотный керамический материал класса III (ТК-20) имеет диэлектрическую проницаемость 12—30, температурный коэффициент емкости образца материала $+(30 \pm 20) \cdot 10^{-6} \text{ град}^{-1}$, $\text{tg } \delta$ от $6 \cdot 10^{-4}$ до $12 \cdot 10^{-4}$ в интервале температур $20—100^\circ \text{C}$, удельное объемное сопротивление не менее $10^{11} \text{ ом} \cdot \text{см}$ при 100°C .

Низкочастотный керамический материал класса VIII, группы «а» (Т-7500) имеет диэлектрическую проницаемость не менее 2 800 при 20°C , тангенс угла диэлектрических потерь не более $4 \cdot 10^{-2}$ при 20°C и частоте 1 кГц, удельное объемное сопротивление не менее $10^{10} \text{ ом} \cdot \text{см}$ при температуре 100°C .

2-4. ПРОПИТОЧНЫЙ МАТЕРИАЛ

Для пропитки и заливки конденсаторов с целью улучшения изоляции и защиты их от влаги применяется церезин.

Церезин относится к группе воскообразных веществ, которые в очищенном виде представляют собой твердые, сравнительно легкоплавкие вещества, с низкой механической прочностью и весьма малой гигроскопичностью.

Церезин представляет собой смесь твердых углеводородов ряда C_nH_{2n+2} , получающихся в результате переработки и очистки от примесей озокерита или парафинистой нефти. Озокерит — продукт естественного перерождения нефти, имеет вид черной воскообразной массы. Молекулы церезина имеют такое строение, как и молекулы парафина (C_nH_{2n+2}), но более крупные от $C_{39}H_{80}$ до $C_{53}H_{108}$. По этой причине он обладает более высокой температурой плавления, чем парафин. Молекулы церезина нейтральны, поэтому он менее, чем парафин, окисляется при нагревании. Благодаря более высокой температуре плавления и большой устойчивости к окислению церезин вытеснил парафин в конденсаторостроении.

Электрические свойства церезина достаточно высоки: диэлектрическая проницаемость 2,2—2,5 при 20°С и 1000 гц; тангенс угла диэлектрических потерь порядка $(3—5) \cdot 10^{-4}$; пробивная напряженность 15 кВ/мм; удельное объемное сопротивление при 20°С порядка 10^{14} ом·см. Другие свойства церезина следующие: плотность 0,88—0,95 г/см³, температура каплепадения 57—80°С, кислотность не более 0,28 мг КОН/г. В бензине растворяется церезин полностью.

Согласно ГОСТ 2488-47 церезин вырабатывается нескольких марок. Наиболее применимы марки церезина 80, 75 и 67. Эти цифры означают температуру каплепадения, определенную по методу Убеллоде. Одним из существенных недостатков церезина является его усадка, которая достигает 10—15%. Применение церезина ограничивается достаточно низкой температурой плавления его (80°С).

За последнее время разработан способ получения синтетического церезина, представляющего собой один из побочных продуктов в процессе выработки жидкого топлива из каменного угля. Синтетический церезин отли-

чается большой чистотой и однородностью. Диэлектрические свойства его такие же, как и простого церезина, а температура плавления 100—105°С. Это делает синтетический церезин весьма перспективным материалом.

2.5. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОПРЕССОВКИ КОНДЕНСАТОРОВ

Для опрессовки слюдяных конденсаторов применяются термореактивные пластмассы, поставляемые на завод в виде пресс-порошка.

Термореактивными называются такие пластмассы, которые обладают способностью под воздействием температуры и давления размягчаться и затем переходить в неплавкое и нерастворимое состояние. Этот процесс необратимый, поэтому вторичной переработке термореактивная пластмасса подвергнута быть не может.

Для опрессовки конденсаторов КСО применяются фенольные термореактивные пластмассы.

В состав пресс-порошка входят следующие основные компоненты: а) синтетическая смола от 30 до 50 весовых частей; б) наполнители от 30 до 40 весовых частей (древесная мука, молотая слюда, кварц, полевой шпат и т. д.); в) пластификатор от 1 до 20 весовых частей (стеарин, олеиновая кислота); г) краситель от 1 до 1,5 частей (минеральные мумии, нигрозин и др.).

Синтетическая смола, основа пластмассы, является связующим веществом. Наполнитель необходим для придания определенных свойств пластмассе: нагревостойкости, малых диэлектрических потерь, теплопроводности, механической прочности и т. д. Пластификатор вводится для увеличения пластичности и предупреждения прилипания пластмассы к пресс-формам. Краситель — для придания определенного цвета.

Пресс-порошок должен удовлетворять определенным технологическим требованиям. Наиболее существенные из них: текучесть, скорость отверждения, влажность, степень помола и др. Текучестью пресс-порошков называется способность заполнять под воздействием температуры и давления все полости пресс-формы. Текучесть характеризуется длиной стерженька пластмассы в миллиметрах, выдавленного в пресс-форме при температуре 160°С и давлении 250—300 кг/см² в течение 3 мин (метод Рашига). Скорость отвердевания выражается в минутах на 1 мм толщины изделия и характеризует время вы-

держки изделия в пресс-форме. Влажность не должна быть более 3% по отношению к сухому весу. При большей влажности будут образовываться вздутия. Степень помола должна быть такой, чтобы сквозь сито с 300—400 отверстиями на 1 см² порошок проходил свободно.

Для получения высокого качества опрессовки необходимо соблюдать правильный режим хранения пресс-порошка. Его необходимо предохранять от загрязнений, от увлажнения и хранить при невысокой температуре во избежание медленной полимеризации и снижения его текучести.

Для опрессовки слюдяных конденсаторов типа КСО применяется пресс-порошок марки К-211-34, ТУ МХП 2339-54, в котором в качестве связующего вещества использована феноло-анилино-формальдегидная смола, а наполнителем является полевой шпат.

Иногда применяется пресс-порошок, в котором в качестве наполнителя применяется смесь молотой слюды (26%), кварцевой муки (26%) и древесной муки (7%). Наличие в порошке большого количества кварцевой муки резко увеличивает износ пресс-форм. Рабочие части пресс-форм приходится делать из дорогих износостойчивых сортов сталей, которые трудно обрабатываются.

Основным пресс-порошком выбран пресс-порошок марки К-211-34, который в прессованном виде имеет следующие характеристики: плотность 1,95 г/см³; временное сопротивление изгибу 500 кг/см²; удельная ударная вязкость 2,8 кг·см/см²; теплостойкость по Мартенсу 150°С; текучесть по Рашигу 150 мм; водопоглощаемость 0,06%; электрическая прочность 12 кВ/мм; тангенс угла диэлектрических потерь 0,01 при частоте 10⁶ гц; удельное объемное сопротивление 1·10¹⁴ ом; удельное поверхностное сопротивление 1·10¹⁴ ом; диэлектрическая проницаемость 5,6.

К положительным качествам пресс-порошка К-211-34 наряду с хорошими электроизоляционными и достаточно высокими физико-механическими свойствами необходимо отнести также и простоту его переработки (малая чувствительность к небольшим колебаниям режима прессования, небольшая выдержка в пресс-форме и т. д.). К отрицательным качествам можно отнести плохую

адгезию к металлам, сравнительно низкую теплостойкость, недостаточную влагостойкость.

Для опрессовки конденсаторов КСОТ применяется пресс-порошок К-81-39 ТУХП 501-62 на основе эпоксидной смолы ЭД-6 (30—35%) с минеральными наполнителями (молотая слюда 30—35%, плавиковый шпат 30—35%). В качестве отвердителя применяется метафенилендиамин (3—5%), в качестве смазки церезин (0,5%).

Физико-механические и электрические характеристики этого пресс-порошка следующие: водопоглощаемость $0,02 \text{ г/дм}^2$, удельная ударная вязкость $4,1—5,8 \text{ кг} \cdot \text{см/мм}^2$; временное сопротивление изгибу 600 кг/см^2 ; электрическая прочность 17 кв/мм ; тангенс угла диэлектрических потерь $0,03$ при частоте 10^6 гц ; удельное объемное сопротивление $1 \cdot 10^{14} \text{ ом} \cdot \text{см}$; удельное поверхностное сопротивление $1 \cdot 10^{14} \text{ ом}$; текучесть по Рашигу 200 мм ; удельный вес $1,95 \text{ г/см}^3$.

Преимуществами этого пресс-порошка является пониженная водопоглощаемость, повышенная теплостойкость (до 210°C), высокая текучесть и хорошая адгезия к металлам.

2-6. МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

В производстве конденсаторов используются различные металлические материалы. Так, например, для обкладок конденсаторов применяется фольга медная, фольга оловянно-свинцовая, серебро в виде проволоки, медная проволока для изготовления обжимок, лента латунная, жесть белая и холоднокатаная стальная лента для изготовления корпусов и т. п.

Рассмотрим наиболее широко применяемые в производстве слюдяных и стеклоэмалевых конденсаторов металлические материалы.

Для обкладок и выводов слюдяных конденсаторов используется фольга медная рулонная марки М-2, поставляемая по ГОСТ 5638-51. Согласно ГОСТ 859-41 медь марки М-2 содержит 99,7% чистой меди и 0,3% различных примесей. Поставляется фольга намотанной на металлическую втулку с внутренним диаметром $32—36 \text{ мм}$ по ширине, равной ширине фольги. Диаметр рулона не более 100 мм , намотка должна быть с достаточным натяжением, не допускающим выпадение втулки

при встряхивании рулона. Торцы рулона должны быть ровными, чистыми, без забоин, вмятин и загрязнений. Поверхность фольги должна быть чистой, гладкой, ровной, без забоин и царапин, без следов жиров и масел. Кромка не должна иметь заусенцев, надрывов и загнутых мест. На всем протяжении рулона фольга должна свободно сматываться. Толщина ее может быть от 0,015 до 0,050 мм, а ширина от 20 до 150 мм.

Фольга оловянно-свинцовая МПТУ 2102-49 для обкладок слюдяных конденсаторов применяется толщиной от 15 до 30 мк и шириной от 10 до 30 мм. Поставляется в рулонах диаметром не более 100 мм на металлических втулках с внутренним диаметром 32—36 мм. Она мало упруга и обладает текучестью, благодаря чему в обкладках из такой фольги не возникает внутренних напряжений. Обкладка из оловянно-свинцовой фольги меньше деформируется при изменениях температуры, чем обкладка из медной фольги. Оловянно-свинцовая фольга содержит 82—85% олова, 12—15% свинца и 1,75—3,25%¹ сурьмы. Поверхность фольги должна быть гладкой, без пятен масла и жиров, без складок, надрывов, царапин, заусенцев и загнутых краев.

Серебро применяется для металлизации слюды в виде проволоки диаметром 1,2—1,6 мм, поставляемой по ГОСТ 7222-54 в мотках или на металлических катушках. Применяется марка серебра Ср-999, в которой содержится серебра не менее 99,9%¹ и примесей не более 0,1%. Поверхность проволоки должна быть гладкой и чистой. Допускаются цвета побежалости и местные потемнения.

Ленты латунные поставляются по ГОСТ 2208-49 свернутыми в рулоны. Применяются мягкие ленты из латуни марки Л62, в которых содержится 60,5—63,5% меди, примесей не более 0,5%¹, а остальное — цинк. Ленты не должны иметь расслоений, должны быть ровно обрезаны и не должны иметь заусенцев и желобчатости. Кромка ленты не должна быть мятой и волнистой, а поверхность должна быть гладкой, чистой, без плен, пузырей, трещин, грубых царапин, вмятин и раковин. Допускаются незначительные местные дефекты (вмятины, рябоватость и т. д.), цвета побежалости, местные покраснения и незначительные потемнения поверхности. Для изготовления обжимок конденсаторов КСО, КСГ, колпачко-

вых выводов конденсаторов СГМ и лепестков герметичных слюдяных конденсаторов применяется латунная лента толщиной 0,35—0,5 мм.

Лента стальная низкоуглеродистая холодной прокатки поставляется по ГОСТ 503-41 для изготовления корпусов конденсаторов КСГ, ССГ. Она должна быть изготовлена из стали марки 08 КП по ГОСТ 1050-60. Применяется лента по качеству поверхности I класса, полированная П, мягкая М или особо мягкая ОМ, нормальной точности по толщине Н, а лучше повышенной точности по толщине В или ВТ. Толщина ленты 0,5 мм с допустимым отклонением для марки Н—0,05 мм, а для марки В и ВТ не более 0,04 мм. Поставляется лента в рулонах. Ширина ее по ГОСТ может быть от 4 до 300 мм. На ее поверхности допускаются только единичные царапины, риски, вмятины, бугорки и шероховатости в виде точек, не превышающие по высоте или глубине $\frac{1}{4}$ допускаемых отклонений по толщине ленты. Не допускаются расслоения ленты, окалина, ржавчина. Кромки обрезной ленты не должны иметь заусенцев, трещин, рванин, зазубрин. Поверхность полированной ленты П должна быть металлического цвета и блестящей.

Жесть белая, покрытая с обеих сторон слоем олова, применяется для изготовления корпусов конденсаторов и поставляется по ГОСТ 5343-54. Обычно она поставляется листами размером 512×712 мм упакованными в пачки. Изготавливается жесть из кипящей малоуглеродистой стали. Листы жести должны быть прямоугольной формы, хорошо облужены оловом марки 01 (ГОСТ 860-60).

Количество олова для жести I класса, которая применяется для изготовления корпусов, должно быть порядка 0,40—0,46 г на 200 см² поверхности листа. Поверхность листа должна быть чистая, глянцевая, без трещин, плен, наплывов олова, ржавых или темных пятен и точек. Не должно быть незалуженных участков, отслоений олова, загрязнений маслом, вкатанной окалины, а также других дефектов, видимых невооруженным глазом. Допускается легкая матовость в отдельных местах наплыв олова на кромке листа шириной не более 3 мм, рваные края до 1,5 мм в глубь листа. Обычно применяется жесть № 40 с толщиной листа 0,36—0,44 мм,

№ 45 с толщиной листа 0,41—0,49 мм и № 36 с толщиной листа 0,31—0,39 мм.

Проволока медная электротехническая круглая поставляется по ГОСТ 2112-62. Применяется проволока марки ММ — медная мягкая, диаметром от 0,6 до 1,0 мм. Проволока должна иметь чистую и гладкую поверхность. Допускаются незначительные уколы, царапины, легкие цвета побежалости. Временное сопротивление разрыву должно быть не менее 21 кг/мм², относительное удлинение 25—27%. Электрическое сопротивление должно быть не менее 0,01724 ом/м, отнесенное к 1 мм² поперечного сечения при 20°С. Изготавливается проволока из медной катанки, полученной из медных слитков по ГОСТ 193-60. Применяется медная проволока для изготовления выводов (обжимка КСО, КСОТ, внутренний монтаж герметизированных конденсаторов КСГ, ССГ).

2-7. СТЕКЛЯННЫЕ ИЗОЛЯТОРЫ, КЕРАМИЧЕСКИЕ ИЗОЛЯТОРЫ И КОРПУСА

Для обеспечения вакуум-плотной герметизации различных слюдяных конденсаторов применяются стеклянные изоляторы, керамические изоляторы и керамические корпуса.

Для герметической заделки выводов конденсаторов типа КСГ-2 и ССГ используются стеклянные армированные изоляторы, для конденсаторов типа КСГ-1 используются керамические изоляторы, а для конденсаторов СГМ и СГМЗ — керамические корпуса.

Стеклянные изоляторы, керамические изоляторы и керамические корпуса поставляются на конденсаторные заводы в виде полуфабрикатов. Внешний вид стеклянных изоляторов и габаритные размеры приведены на рис. 2-2,а. Стеклянный изолятор типа ИСШ (изолятор стеклянный шайбовый) предназначен для работы в интервале температур от —60 до +70°С. При этом допускается кратковременная работа изоляторов при повышенной температуре до 100°С.

Изоляторы типа ИСШ могут выдерживать вибрации в диапазоне частот 10—600 гц с ускорением до 15 g и удары с ускорением до 25 g. Они допускают эксплуатацию при относительной влажности воздуха до 98% при 40°С. Изоляторы выдерживают испытательное напря-

жение, равное тройному рабочему напряжению постоянного или переменного тока с частотой 50 гц. Сопротивление изоляции между металлической трубочкой и шайбой должно быть не менее 100 000 Мом при +20°С и 1 000 Мом при +100°С. Изоляторы должны выдержи-

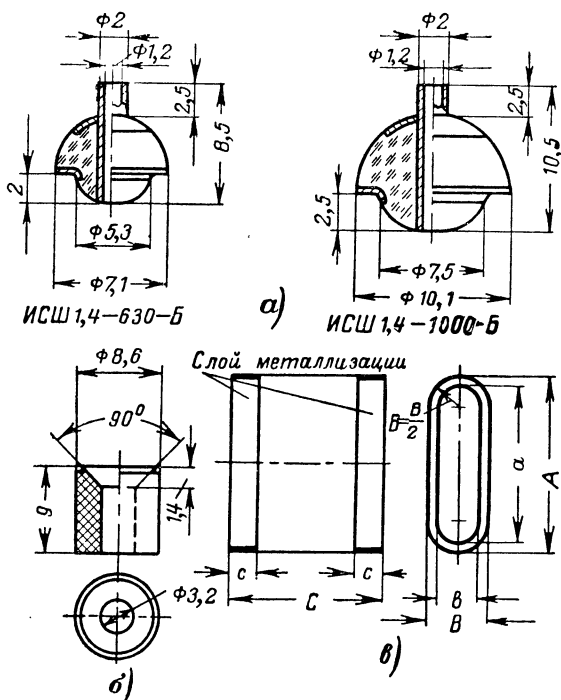


Рис. 2-2. Внешний вид и габаритные размеры изоляторов.

а — стеклянных типа ИСШ; б — керамических; в — керамического корпуса.

вать воздействие трех температурных циклов (от —60 до +100°С) без нарушения герметичности, образования трещин и ухудшения изоляции.

Используемые в конденсаторах КСГ-2 и ССГ изоляторы имеют следующее обозначение: ИСШ-1,4-630Б и ИСШ-1,4-10 00Б. Первая цифра обозначает диаметр отверстия трубочки, вторая — величину рабочего напряжения постоянного тока, а буква Б указывает, что это

изолятор с верхней шайбой, которая предохраняет изолятор от растрескивания при пайке. Рабочее напряжение при переменном токе несколько снижается до 450 и 750 в. При пониженном атмосферном давлении величины допускаемых рабочих напряжений также снижаются. Например, при атмосферном давлении 5 мм рт. ст. рабочее напряжение постоянного тока не должно быть более 450 в и переменного тока более 320 в для обоих видов изоляторов, а испытательное напряжение не должно быть более 120% от рабочего.

Арматура изолятора должна быть герметически спаяна со стеклом, облужена горячим способом и не должна иметь следов коррозии. Изоляторы не должны иметь трещин, сколов, белых пятен в стекле, вмятин глубиной более 0,5 мм и воздушных пузырьков диаметром более 0,5 мм.

Для предотвращения растрескивания стекла изолятора во время пайки в результате возникающих во время нагревания и охлаждения напряжений в стекле составы стекла и металлического сплава для деталей изолятора подбираются с таким расчетом, чтобы их коэффициенты линейных расширений имели бы возможно более близкие значения. Обычно они изготавливаются из термометрического стекла и из железо-никелевого сплава. При этом стекло должно обладать высокой электрической прочностью, высоким удельным сопротивлением, малым температурным коэффициентом расширения.

Керамические изоляторы применяются для герметичной заделки выводов конденсаторов КСГ-1. Керамические изоляторы по сравнению со стеклянными имеют меньшую утечку тока по поверхности, особенно при высокой влажности.

Эти изоляторы изготавливаются из высокочастотного керамического материала IV класса группы «а» согласно ГОСТ 5458-57. Общий вид изолятора представлен на рис. 2-2,б. Боковая наружная поверхность изолятора, за исключением пояса для нанесения слоя серебра, покрывается слоем тугоплавкой глазури толщиной 0,1—0,2 мм. Поверхность должна быть без трещин, явно выраженной слоистости материала и без посторонних включений.

Изоляторы должны допускать трехкратное пребывание в течение 1 ч при температуре, которую постепенно

поднимают до 800°C , а затем снижают до $+80^{\circ}\text{C}$ в печи с последующим охлаждением на воздухе. Изоляторы должны хорошо металлизироваться методом вжигания серебра из серебрясодержащей пасты (с последующим лужением припоем ПОС-40) по неглазурованному пояску на боковой наружной поверхности и по поверхности конусного углубления.

Изоляторы должны выдерживать напряжение постоянного тока без пробоя или поверхностного перекрытия, которое приложено к металлизированным поверхностям, величиной не менее 3 000 в. Сопротивление изоляции между этими поверхностями в нормальных условиях должно быть не ниже 100 000 Мом, а после 250 ч увлажнения не менее 50 000 Мом.

Корпуса керамические для конденсаторов типа СГМ и СГМЗ имеют внешний вид, приведенный на рис. 2-2, в. Габаритные размеры указаны в табл. 2-3.

Таблица 2-3

Вид корпуса	Размеры, мм					
	A	B	a	b	C	c
СГМ-1	7,6	3,8	5,8	2,3	12	3
СГМ-2	8,1	5,1	6,3	3,3	12	3
СГМ-3	11,6	5,6	9,8	3,8	17	3
СГМ-4	19,5	6,5	16,8	3,8	17	3,5

Изготавливаются корпуса керамические из материала класса IV согласно ГОСТ 5458-57. Корпуса не должны иметь трещин, сколов, явно выраженной слоистости материала, открытых пор и посторонних включений. Керамические корпуса конденсаторов поставляются заводом-поставщиком с уже металлизированными поясками на двух концах глазурованной боковой поверхности (рис. 2-2, в).

2-8. ПРИПОИ

Припоями называются сплавы, при помощи которых отдельные металлические детали соединяются в процессе пайки в одно целое.

Для соединения деталей из различных материалов существуют также различные по своему составу припои. По температуре плавления припои разделяются на ту-

гоплавкие (твердые) и легкоплавкие (мягкие). Тугоплавкие припои имеют температуру плавления выше 500°С и в производстве слюдяных и стеклоэмалевых конденсаторов не применяются.

К группе легкоплавких припоев относятся наиболее распространенные в производстве слюдяных и стеклоэмалевых конденсаторов оловянно-свинцовые припои.

Для получения качественного шва, соединяющего две детали, необходимо, чтобы температура плавления припоя обязательно была несколько ниже температуры плавления спаиваемых металлов.

Припои должны обладать достаточно большой текучестью, чтобы хорошо заполнять зазоры между спаиваемыми поверхностями, и одновременно обладать достаточной вязкостью в расплавленном состоянии, чтобы удерживаться на изделиях и не образовывать внутренних пустот. Кроме этого, механическая прочность припоя должна удовлетворять требованиям, предъявляемым к изделию.

Припои не должны оказывать вредного химического воздействия на спаиваемые материалы и не выделять в процессе пайки вредных газов, а сами должны быть достаточно стойкими к коррозии.

Всем этим требованиям для целей производства слюдяных и стеклоэмалевых конденсаторов достаточно хорошо удовлетворяют оловянно-свинцовые припои типа ПОС. Наибольшее применение получили припои ПОС-61, ПОС-40, ПОС-30.

Согласно ГОСТ 1499-54 в настоящее время выпускаются оловянно-свинцовые припои, указанные в табл. 2-4. Свойства припоев приведены в табл. 2-5.

Таблица 2-4

Марка припоя	Основные компоненты, %			Примеси не более, %
	Sn	Sb	Pb	
ПОС-90	89—90	0,15	Остальное	0,294
ПОС-61	59—61	0,8		0,316
ПОС-50	49—50	0,8		0,316
ПОС-40	39—40	1,5—2,0		0,376
ПОС-30	29—30	1,5—2,0		0,426
ПОС-18	17—18	2,0—2,5		0,426
ПОСС-4-6	3—4	5—6		0,426

Таблица 2-5

Свойства	Олово	ПОС-90	ПОС-61	ПОС-50	ПОС-40	ПОС-30	ПОС-18	ПОС-4-6	Свинец
Температура полного расплавления, °С	232	222	190	209	235	256	277	265	327
Интервал кристаллизации, °С	0	39	7	26	52	73	94	20	0
Удельный вес, $г/см^3$	7,3	7,6	8,35	8,87	9,3	9,7	10,2	10,7	11,4
Предел прочности при растяжении, $кг/мм^2$	2,0	4,3	4,1	3,6	3,2	3,3	2,8	5,8	1,8
Твердость по Бринеллю, $кг/мм^2$	7,5	12,8	10,5	15,6	11,8	10,3	9,6	15,0	4,3
Коэффициент линейного расширения, $\times 10^{-6}$ $град^{-1}$	22,4	26,0	—	—	25,0	26,5	26,0	—	29,5
Коэффициент теплопроводности, $кал/см \times сек \times$ $град$	0,157	0,15	—	—	0,095	0,094	0,093	—	0,08
Линейная усадка, %	2,8	0,5	—	—	0,52	0,55	0,56	—	3,5

Таблица 2-6

Марка припоя	Химический состав, %				Примеси не более, %	Удельный вес, $г/см^3$	Температура кристаллизации, °С		Удельное сопротивление, $мком/см$
	Pb	Ag	Sn	Cd			начало	конец	
Псп-3	97 ± 1	$3 \pm 0,3$	—	—	0,5	11,3	305	300	20
Псп-2,5	92 ± 1	$2,5 \pm 0,3$	$5,5 \pm 0,5$	—	0,5	11,0	305	295	22
Псп-2	$63 \pm 1,5$	$2 \pm 0,3$	30 ± 1	$5 \pm 0,5$	0,5	9,6	235	225	17
Псп-1,5	$83,5 \pm 1,5$	$1,5 \pm 0,8$	15 ± 1	—	0,5	10,4	270	265	20

Выбор припоя для каждого конкретного случая производится исходя из свойств припоя, назначения шва и температурных характеристик изделия. ПОС-61 применяется для ответственных паяк, в которых не допускается окисления паяного шва и требуется хорошая электропроводность. ПОС-40 и ПОС-30 применяется для паяк, где необходимо обеспечить достаточную прочность и герметичность шва (ПОС-40 дает более равномерно заполненные и качественные швы). ПОС-18 имеет более высокую температуру плавления и широкий температурный интервал кристаллизации.

В настоящее время нашей промышленностью выпускается лента и проволока из оловянно-свинцовых припоев, а также трубки, заполненные канифолью. Проволока выпускается диаметром 0,5; 0,8; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0 мм. Лента выпускается толщиной 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5 мм и шириной 5, 6, 7, 8, 9, 10 мм. Наружные диаметры трубки 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0 и 5,0 мм, а внутренние соответственно 0,5; 0,75; 1,0; 1,25; 1,5; 2,0 и 2,5 мм. По договоренности с поставщиком диаметры проволоки, трубки, а также ширина и толщина ленты могут быть изменены, а трубки могут заполняться любой пастой по желанию заказчика.

За последнее время стали получать все большее распространение припои с присадкой серебра. Серебросодержащие припои поставляются по ГОСТ 8190-56. Наиболее распространены Пср-3, Пср-2,5, Пср-2 и Пср-1,5, химический состав которых указан в табл. 2-6.

В зависимости от назначения припои выпускаются в виде полос и проволоки. В конденсаторостроении получил распространение проволочный припой диаметром 0,8, 1,0, 1,2 и 1,6 мм.

2-9. ФЛЮСЫ

Флюсами называются вещества, содействующие проведению операции пайки и улучшающие ее качество.

Флюсующие вещества должны улучшать условия смачивания металла припоем. Хорошее смачивание спаиваемых металлических поверхностей возможно только в том случае, если эти поверхности будут очищены от пыли, грязи, жировых загрязнений и окисной пленки. Даже при тщательной очистке поверхностей, подлежащих пайке, обязательно остается тонкий слой окислов

и какие-либо местные загрязнения. Поэтому флюс должен разрушать (растворять) эти тонкие пленки окислов и загрязнений и не давать возможности образовываться окисным пленками вновь в момент нагрева металлических поверхностей до высоких температур в процессе паяния. Флюсы должны иметь температуру плавления ниже температуры плавления припоя, быстро расплавляться при температуре паяния и свободно затекать равномерным слоем в места пайки. В момент схватывания припоя с изделием флюс должен всплывать на внешнюю поверхность припоя, чтобы не ослаблять механическую прочность шва. Флюс должен сохранять свои свойства и не менять состава от нагрева при пайке, не вызывать сильной коррозии паяного шва, не выделять при нагреве ядовитых газов.

Флюсующие вещества, применяемые при пайке легкоплавкими припоями, можно разделить на кислотные и безкислотные.

Кислотные флюсы обладают большим недостатком, так как детали, подвергнутые пайке с их применением, необходимо нейтрализовать в растворе едкого натра и тщательно промыть после этого в проточной воде, так как в противном случае происходит интенсивная коррозия паяного шва. Поэтому кислотные флюсы, хотя они и весьма активны, применяются в конденсаторостроении при пайке только некоторых деталей (например, корпусов), которые можно впоследствии подвергнуть обработке в растворе едкой щелочи и промыть в проточной воде. В конденсаторостроении наибольшее распространение из кислотных флюсов имеет водный раствор хлористого цинка (ZnCl_2), который получается при взаимодействии соляной кислоты с цинком. Он выпускается по ГОСТ 7345-55 двух марок — А и Б. Марка А — твердое вещество серого цвета, марка Б — раствор. Содержание хлористого цинка 96%¹ и 40—48% соответственно. Обычно применяется марка Б. Иногда раствор хлористого цинка готовят на месте путем непосредственного растворения цинка в соляной кислоте. Этот процесс называют травлением, а сам раствор — травленой кислотой.

В конденсаторостроении наибольшее распространение получили безкислотные флюсы на основе канифоли. Канифоль применяется в твердом состоянии в виде су-

хого порошка и в виде растворов в спирте, масле и т. п.

Остатки канифольного флюса не вызывают коррозии мест пайки, не поглощают влаги и не проводят электрического тока. Канифоль относится к слабоактивным флюсам, поэтому при ее применении поверхности, подлежащие пайке, следует тщательно очищать. Следует также избегать перегрева канифоли, так как она легко обугливается и теряет свои флюсующие свойства. Поэтому желательно канифоль наносить непосредственно на место пайки, а не на паяльник.

Канифоль сосновая ($C_{20}H_{30}O_2$) представляет собой хрупкую стеклообразную массу от желтого до темно-коричневого цвета. Поставляется канифоль по ГОСТ 797-55. Высший сорт канифоли имеет температуру размягчения $68^{\circ}C$; первый сорт $65^{\circ}C$ и второй $52^{\circ}C$. Обычно в конденсаторостроении применяется высший и первый сорт канифоли.

Канифоль как флюс применяется для пайки и для приготовления серебросодержащих паст для серебрения керамических поверхностей.

Для приготовления флюса из канифоли ее размельчают до пудрообразного состояния и применяют в сухом виде или растворяют в спирте-ректификате, в минеральном масле, глицерине. Обычно берут 70—80 г толченой канифоли и полностью растворяют в 0,5 л спирта (масла и т. п.), после чего флюс готов к употреблению.

2-10. КРАСКИ И ЛАКИ

В производстве слюдяных и стеклоэмалевых конденсаторов широко применяются: пентафталевая эмаль № 64-к для окраски металлических корпусов герметизированных конденсаторов с целью защиты их от коррозии и придания декоративного внешнего вида; эмаль марки ЭКР для придания лучшей влагостойкости стеклоэмалевым конденсаторам; маркировочные краски для нанесения условных обозначений на поверхности готовых конденсаторов; лак цапон для защиты маркировки от разрушения.

Эмаль пентафталевая № 64-к предназначена специально для декоративных защитных покрытий металлических корпусов конденсаторов. Пентафталевая эмаль № 64-к представляет собой суспензию перетертых пиг-

ментов в пентафталеовом лаке с добавлением сиккатива и растворителей. Цвет эмали № 64-к серый. Выпускается она по ТУ ЯН-63-58 и должна удовлетворять следующим показателям: вязкость при температуре $20 \pm 3^\circ \text{C}$ по вискозиметру ВЗ-4 порядка 2—6 мин, время высыхания при температуре $50\text{—}55^\circ \text{C}$ 4 ч, водостойкость пленки не ниже 48 ч, укрывистость не более 110 г/м².

Кроме этого, пленка эмали не должна растрескиваться, отслаиваться и иметь другие нарушения после четырех температурных циклов. Каждый цикл состоит из 20 мин при $-60 \pm 3^\circ \text{C}$, 15 мин при $20 \pm 5^\circ \text{C}$, 30 мин при $+70 \pm 3^\circ \text{C}$ и 15 мин при $20 \pm 5^\circ \text{C}$.

Пленка эмали должна сохранять внешний вид и целостность покрытия при температуре $60 \pm 5^\circ \text{C}$ и относительной влажности 95—98%. Адгезионные свойства пленки эмали к металлу должны быть достаточно высокими. Перед употреблением эмаль перемешивают. Эмаль разбавляют до рабочей вязкости следующими растворителями: сольвентом каменноугольным, уайт-спиритом, скипидаром, бензином Б-70 или их смесью. Разбавленную до рабочей вязкости эмаль перед нанесением фильтруют через сито с количеством отверстий не менее 2400 на 1 см².

Эмаль марки ЭКР ТУ МХП 1557-53 применяется для покрытия стеклоэмалевых и стеклокерамических конденсаторов в целях защиты поверхности от загрязнений и воздействия влаги. Эмаль марки ЭКР представляет собой суспензию пигментов в глифталеовом лаке с добавлением ксилола. Вязкость эмали ЭКР при температуре $18\text{—}20^\circ \text{C}$ по вискозиметру ВЗ-4 должна быть не менее 35 сек. Сушка образцов должна производиться по следующему режиму: 2 ч при $18\text{—}20^\circ \text{C}$, затем температура поднимается до 140°C за 0,5 ч и при температуре $135\text{—}140^\circ \text{C}$ выдерживают 8 ч. Разбавляется эмаль до рабочей вязкости ксилолом. Срок годности эмали 3 месяца. Цвет эмали ЭКР-1 — красный.

Маркировочные краски для целей нанесения маркировки на керамические, металлические и пластмассовые поверхности конденсаторов бывают различных составов. Наиболее часто употребляются маркировочные краски, поставляемые по ТУ МГ.УХП № 112-58.

Белая маркировочная краска (БМ) приготавливается из двуокиси титана, затертого на олифе льняной

глифталевой вязкостью 50 сек, кобальтовом сиккативе и сушке «Рационал».

Синяя маркировочная краска (СМ) готовится на милори № 342 и белилах сухих цинковых, затертых на тех же составляющих.

Черная маркировочная краска (ЧМ) готовится из сажи газовой канальной и милори № 342, затертых на тех же составляющих.

Кроме этих маркировочных красок выпускаются: красная (КМ), желтая (ЖМ) и зеленая (ЗМ) маркировочные краски. Срок хранения этих красок 1 год. Время высыхания на стекле при температуре $30 \pm 2^\circ \text{C}$ и относительной влажности 65% не более 8 ч.

Для защиты нанесенных маркировочных знаков от воздействия внешней среды употребляется бесцветный цапон-лак № 951, выпускаемый по ГОСТ 5236-50.

Цапон-лак — это раствор нитроцеллюлозы в летучих органических растворителях с добавлением пластификаторов. Он представляет собой жидкость без механических примесей с вязкостью при температуре 20°C по вискозиметру ВЗ-4 порядка 25—50 сек. Время высыхания при температуре $20 \pm 2^\circ \text{C}$ не более 20 мин. После выдерживания пленки в течение 4 ч при температуре $+80^\circ \text{C}$ или -40°C на ней не должно образовываться трещин или вздутий, а сама пленка не должна отслаиваться и терять свойство прозрачности.

2-11. РАЗНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

В этом параграфе коротко описаны различные другие материалы, применяемые в производстве слюдяных, стеклоэмалевых и стеклокерамических конденсаторов.

Ксилол — растворитель, представляет собой углеводород ароматического ряда (смесь трех изомеров), получающийся в процессе ректификации мытых фракций сырого бензола. Это прозрачная бесцветная жидкость с удельным весом $0,865 \text{ г/см}^3$. Испаряется без остатка. Начало перегонки при барометрическом давлении 760 мм рт. ст. $136,5^\circ \text{C}$, а конец $141,5^\circ \text{C}$. Реакция нейтральная. Воду не содержит. Температура вспышки не ниже 24°C . Поставляется по ОСТ 10465-39.

Бензин — растворитель (уайт-спирит), представляет собой высококипящую фракцию бензина прямой перегонки. Это жидкость с плотностью не более $0,795 \text{ г/см}^3$.

не содержащая воду, водорастворимые кислоты и щелочи, а также механические примеси. Температура вспышки в закрытом тигле не ниже 33°С. Температура начала перегонки не выше 165°С. Содержание серы не более 0,025%. Поставляется по ГОСТ 3134-52.

Спирт этиловый ректификованный представляет собой прозрачную жидкость, без посторонних частиц. Крепость по объему 95,5%. Поставляется по ГОСТ 5962-51.

Скипидар представляет собой продукт переработки сосновой живицы. Это прозрачная летучая жидкость с характерным запахом, без осадка и воды. Температура начала кипения 155—180°С. Кислотное число не более 0,7 мг КОН/г. Поставляется по ГОСТ 1571-54.

Разбавитель РДВ представляет собой смесь ароматических углеводородов, кетонов, эфиров и спиртов алифатического ряда. Это однородная бесцветная или слегка желтоватая прозрачная жидкость без видимых взвешенных частиц. При смешивании его с бензином не должно быть помутнения или расслоения разбавителя. Кислотное число не более 0,1 мг КОН/г. Поставляется по ГОСТ 4399-48.

Бензин Б-70 получается в результате прямой перегонки нефти и каталитического крекинга с добавкой высококачественных компонентов, этиловой жидкости и антиокислителя. Это прозрачная, бесцветная жидкость. Кислотное число не более 1 мг КОН на 100 мл бензина. Содержание серы не более 0,05%. Не содержит водорастворимые кислоты и щелочи, воду и механические примеси. Октановое число 70. Поставляется по ГОСТ 1012-54.

Керосин — жидкость, получаемая при прямой перегонке нефти. Поставляется согласно ГОСТ 4753-49. Плотность его не более 0,840 г/см³. Кислотное число не более 1,4 мг КОН на 100 мл керосина. Водорастворимые кислоты, щелочи, вода и механические примеси отсутствуют. Температура вспышки в закрытом тигле не ниже 40°С. Применяется при изготовлении таблеток стеклоэмалевых конденсаторов.

Сольвент каменноугольный ГОСТ 1928-50 — бесцветная прозрачная жидкость, иногда слабо-желтого цвета, представляет собой смесь ароматических углеводородов бензольного ряда, получается в процессе очистки и ректификации сырого бензола. Летучесть сольвента по

ксилолу не более 2. Удельный вес $0,865 \text{ г/см}^3$, реакция водяной вытяжки нейтральная. На фильтровальной бумаге масляного пятна от сольвента не остается. Примеси воды отсутствуют.

Серебро азотнокислое AgNO_3 представляет собой белые или бесцветные кристаллы, легко растворимые в воде. Поставляется по ГОСТ 1277-63 двух видов: чистое для анализа с содержанием серебра не менее 99,80% и чистое с содержанием серебра не менее 99,75%. Содержание нерастворимых в воде солей соответственно не более 0,004 и 0,01%, а сульфатов — не более 0,003 и 0,005%. Упаковывается в банки из оранжевого стекла или оклеенные черной бумагой, не пропускающей света, пробки заливаются парафином.

Натрий двууглекислый ГОСТ 4201-48 NaHCO_3 представляет собой белый кристаллический порошок, растворимый в воде. Используется марки «чистый». Содержание NaHCO_3 98,5%, содержание нерастворимых в воде веществ 0,02%; хлоридов и хлоратов 0,01%, железа 0,002%.

Аммоний углекислый $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ представляет собой мелкие бесцветные кристаллы, в массе белого цвета. Он растворим в воде. Аммоний углекислый марки «чистый» содержит нерастворимых в воде веществ не более 0,01%, а всех примесей $\sim 0,0445\%$. Поставляется по ГОСТ 3770-47.

Силикат натрия технический (стекло жидкое) — это водный раствор силиката натрия. В зависимости от исходного полуфабриката (силикат-глыбы) стекло жидкое подразделяется на содовое, на содово-сульфатное и на сульфатное. Поставляется по ГОСТ 962-41. Химический состав его: воды (H_2O) не более 57—60%, окиси натрия (Na_2O) 10—13,5%, серного ангидрида (SO_3) не более 0,18—1,5%, окиси кальция (CaO) не более 0,2—0,35%, окиси железа (Fe_2O_3) и окиси алюминия (Al_2O_3) не более 0,25—0,5% и ангидрида кремниевой кислоты SiO_2 28—34,5%.

Тринатрийфосфат технический представляет собой белую или окрашенную в желтый или розовый цвет кристаллическую массу, легко слеживающуюся в монолит. Поставляется по ГОСТ 201-58. Содержание тринатрийфосфата в пересчете на PO_4 не менее 23,7%. Содержание нерастворимого в воде остатка не более 0,1%.

Этилцеллюлоза представляет собой простой эфир целлюлозы, получаемый от взаимодействия хлористого этила и алкалицеллюлозы. Поставляется по ТУ МХП 2732-52. Этилцеллюлоза поставляется марки «к» в виде твердых частиц белого цвета с желтоватым или сероватым оттенком. Комки не допускаются. Растворимость не менее 99,0%. Влажность не более 3%. Удельное объемное электрическое сопротивление при 20° С должно быть не ниже $5 \cdot 10^{13} \text{ ом} \cdot \text{см}$.

Натрий муравьинокислый $\text{NaCH}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ представляет собой бесцветные кристаллы, растворимые в воде и почти не растворимые в спирте. В марке «чистый» содержание муравьинокислого натрия не менее 99%, не растворимых в воде веществ 0,01%. Поставляется по ГОСТ 5559-50.

Картон электроизоляционный марки ЭВ поставляется по ГОСТ 2824-60. Размеры листов картона и ширина рулона устанавливаются соглашением сторон. Допускаемое отклонение от установленных размеров листового картона и ширины рулона не превышает $\pm 3 \text{ мм}$. Рулонный картон выпускается толщиной 0,1—0,6 мм, а листовым 1—3 мм. Состоит картон из тряпичного волокна и сульфатной целлюлозы. Электрическая прочность от 8 до 11 кВ/мм (в зависимости от толщины). Предел прочности при растяжении 8,5—9,0 кгс/мм². Влажность не более 10%.

Картон электроизоляционный ЭМЦ поставляется по ГОСТ 4194-62, предназначается для устройств с масляным заполнением. Предел рабочей температуры 95° С. Выпускается толщиной 0,5—3 мм в рулонах и листах. Состоит из целлюлозы сульфатной беленой. Предел прочности при растяжении 3,5—4 кгс/мм². Электрическая прочность от 19 до 28 кВ/мм; влажность не более 10%.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

ТЕХНОЛОГИЯ ЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЙ

3-1. ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Технологический процесс изготовления слюдяных и стекломалевых конденсаторов представляет собой часть производства, которая непосредственно связана

с переработкой и обработкой материалов или полуфабрикатов, с изменением формы или состояния их.

Весь технологический процесс складывается из многих отдельных технологических процессов, которые обычно сводятся к изготовлению отдельных деталей, их сборке, монтажу, к измерениям и испытаниям как отдельных деталей и узлов, так и всего изделия в целом.

В свою очередь любой технологический процесс подразделяется на ряд операций. Под операцией понимается часть технологического процесса, которая выполняется над определенной деталью, узлом, изделием (или над совокупностью нескольких однородных единиц их) одним рабочим (или определенной группой рабочих) непрерывно и на одном рабочем месте, на одной машине, автомате и т. д.

Иногда технологические операции подразделяются на более мелкие части, называемые установками, позициями, переходами. Этого деления иногда может и не быть. Операция есть основная единица для производственного планирования.

Расчет требующейся рабочей силы делают на основании производственного времени, которое получается в результате суммирования времени, необходимого для выполнения отдельных операций.

В производстве конденсаторов технологические процессы и технологические операции очень разнообразны, порой достаточно сложны и обладают рядом особенностей. Во-первых, в производстве конденсаторов используются разнообразные материалы, как диэлектрики, так и металлы, обладающие рядом специфических свойств и требующие специфичных условий для обработки.

Выполнение различных технологических операций требует большого разнообразия стандартного и специального инструмента, а также различной технологической оснастки (штампов, пресс-форм, кондукторов, различных приспособлений и т. д.).

При этом иногда используется сложное и дорогое оборудование, а порой специально изготавливается нестандартное, сложное механизированное и автоматизированное оборудование, специфичное только для конденсаторостроения.

К другой особенности конденсаторного производства относится его насыщенность измерительными и испыта-

тельными операциями, порой достаточно сложными и требующими дорогих измерительных приборов (измерение ТКЕ, ТСЕ, $\tan \delta$ и т. д.). Эти измерения производятся в массовых количествах, над очень большим количеством конденсаторов непосредственно в цеховых условиях и с высокой точностью.

Учитывая вышеизложенное при разработке технологического процесса и отдельных технологических операций, необходимо уделять внимание не только теоретическим обоснованиям выбора той или иной операции или процесса, но и подтверждать этот выбор экспериментальным путем, который помогает определить оптимальные технологические режимы.

В результате такой тщательной разработки технологических процессов составляются технологические карты, в которых указываются последовательность операций (а иногда и переходов), необходимые материалы (как основные, так и вспомогательные), оптимальные технологические режимы, необходимый инструмент и оборудование, а также способы выполнения операции.

В случае сложных технологических процессов дополнительно составляются технологические инструкции, в которых подробно описывается технологическая операция, требуемое для ее выполнения оборудование и методика технического контроля.

Весь технологический процесс изготовления слюдяных или стеклоэмалевых конденсаторов должен вестись в строгом соответствии с ГОСТ, техническими условиями, нормами на детали, в строгом соответствии с рабочими чертежами, с маршрутно-технологическими картами и технологическими инструкциями.

Какое-либо отклонение от этих основных технологических документов конденсаторного производства недопустимо, ибо это обычно приводит к снижению качества, надежности конденсаторов, к увеличению брака. Это тем более недопустимо, так как в отдельных случаях нарушение технологии обнаруживается только в процессе эксплуатации конденсатора. Любое отклонение от технологического процесса (изменение материала, режима, инструмента, оборудования и т. д.) может быть сделано только в исключительных случаях и только по письменному разрешению на такое изменение, которое обязательно должно быть утверждено главным инжене-

ром завода. Обычно такое изменение технологического процесса вносится после его опытной проверки и проведения соответствующих испытаний готовых конденсаторов.

Большинство технологических операций в производстве слюдяных и стеклоэмалевых конденсаторов осуществляется в цехах, выпускающих готовую продукцию. Эти операции рассмотрены в гл. 4 и 5.

Однако некоторые технологические операции производства конденсаторов являются подготовительными и производятся в заготовительных цехах: механических, штамповочных, гальванических и т. д. Эти операции предусматривают изготовление отдельных деталей, узлов и специальную обработку некоторых материалов. Они рассмотрены в следующих параграфах этой главы.

3-2. ПОДГОТОВКА МЕДНОЙ ПРОВОЛОКИ И ФОЛЬГИ

Для того, чтобы применяемая в качестве выводов и обкладок в пакетах конденсаторов медная фольга была более мягкой, производится ее отжиг в вакуумной электропечи, снабженной вакуум-насосом типа ВН-2, вакуумметром Мак-Леода и прибором для измерения температуры.

Рулоны фольги одеваются на стержень. Один рулон от другого отделяется алюминиевыми дисками. Стержень с рулонами вставляется в печь, после чего крышка печи герметически плотно закрывается и из нее откачивается воздух. Откачка производится до давления $0,3 \text{ мм рт. ст.}$, после чего включается электрический нагрев печи и по достижении температуры $490 \pm 10^\circ \text{C}$ печь отключается. Когда температура в печи понизится до $60\text{--}70^\circ \text{C}$, перекрывается кран, соединяющий печь с вакуум-насосом, вакуумный насос выключается, в печь впускается воздух и стержень с рулонами фольги извлекается из печи. После отжига фольга должна быть мягкой, не ломаться при перегибе, не иметь на поверхности цветов побежалости и окалины, а также не должно наблюдаться слипания фольги. Если медная фольга слипается, то перематывают рулон и производится повторный вакуумный отжиг.

Горячее лужение припоем медной проволоки и ленты производится как с целью антикоррозийного покры-

тия меди, так и с целью улучшения последующей пайки к облуженным поверхностям. Операция горячего лужения медной проволоки и фольги осуществляется на установке, спроектированной специально для этой цели (рис. 3-1).

Перед началом лужения проволока должна быть закреплена в приспособлении 1, с которого она свободно сматывается. Далее проволока пропускается через войлочные подушки 2, смоченные кислотным флюсом — хлористым цинком, через первую ванну лужения 3 и обтирочную резину 4, через вторую ванну лужения 5 и обтирочную резину 6, через ванну с проточной холодной

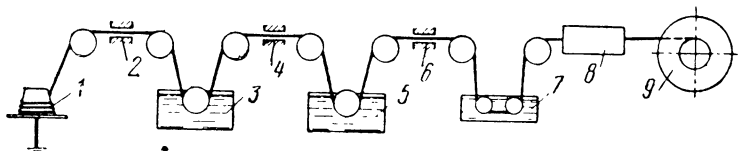


Рис. 3-1. Схема установки горячего лужения проволоки и фольги.

водой 7, через протирочную подушку и через печь сушки 8. Конец проволоки закрепляется на намоточном барабане или катушке 9.

После расплавления припоя в первой и второй ваннах включается привод установки и проволока при помощи специальной развилки опускается в расплавленный припой сначала в первой ванне, а затем во второй. Температуре припоя (ПОС-40) в первой ванне должна быть $300\text{--}400^\circ\text{C}$ для проволоки диаметром более $0,6\text{ мм}$ и $280\text{--}320^\circ\text{C}$ для проволоки диаметром менее $0,6\text{ мм}$, во второй ванне температура должна быть соответственно $280\text{--}320^\circ\text{C}$ и $260\text{--}300^\circ\text{C}$.

Во время работы необходимо регулировать зажим протирочной резины так, чтобы не было наплывов олова или припоя на проволоке.

По окончании лужения надо снять намотанную проволоку с барабана или катушки и поместить в термостат (температура $80\text{--}120^\circ\text{C}$) для сушки до полного высыхания.

Лужение медной ленты осуществляется аналогично, с той разницей, что лента пропускается через ванну с хлористым цинком и через одну ванну с припоем при его температуре $280\text{--}320^\circ\text{C}$.

При лужении медной ленты или медной проволоки необходимо следить за насыщением припоя медью. При насыщении более 4% необходимо производить корректировку ванны или ее смену.

Необходимо также следить за толщиной слоя покрытия, которая должна быть не менее 7—10 мк на сторону для ленты и не менее 2 мк для проволоки. Толщина слоя покрытия проверяется микрометром и определяется как среднее при 10 замерах на длине 1—2 м.

Облуженная проволока и лента должна иметь ровную и гладкую поверхность без раковин, наплывов, не покрытых мест, черных пятен и рисок.

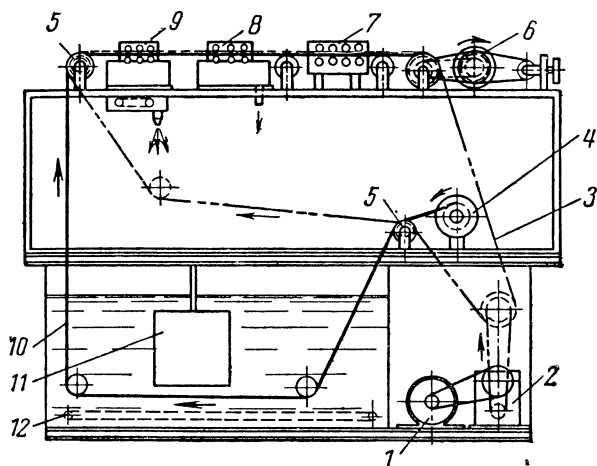


Рис. 3-2. Схема установки гальванического лужения.

Испытание качества полуды проволоки двойного лужения припоем ПОС-40 производится путем последовательного погружения обезжиренного образца длиной 0,3 м в раствор соляной кислоты (уд. вес 1,088) на 1 мин и в раствор сернистого натрия (уд. вес 1,142) на 0,5 мин. Эта операция повторяется дважды. Полуда считается удовлетворительной, если образцы проволоки после второго погружения не почернеют.

Красномедная фольга, применяемая в качестве выводов стабильного слюдяного конденсатора, иногда подвергается гальваническому лужению с целью антикоррозийного покрытия меди. Эта операция осуществляется на специальной установке (рис. 3-2).

Лужение производится в ванне гальванического лужения с пареообогревом 12, которая на $\frac{4}{5}$ объема заполняется электролитом. В электролит помещается электрод (анод) из материала покрытия 11. Фольга 10 через контактные 5 и направляющие валики пропускается от сматываемого рулона 4 через электролит, ванну горячей промывки 9, ванну холодной промывки проточной водой 8 и печь оплавления 7 к наматываемому рулону 6. Механизм перемотки приводится в движение от электромотора 1, через редуктор 2 и цепь 3. Гальваническое покрытие на промытой фольге оплавляется в печи оплавления мощностью около 3 кВт при температуре около 300° С.

Ширина фольги от 10 до 100 мм, толщина от 10 до 300 мк. Питание ванны производится от выпрямителя с регулируемым напряжением от 4 до 12 в. Ток 30—50 а. Температура электролита 70—80° С.

Состав электролита при лужении оловом (в граммах на литр электролита):

станнат натрия	80—90
едкий натрий	10—15
уксуснокислый натрий	15—20
перекись водорода	2—4

Состав электролита при лужении ПОС-40 (в граммах на литр электролита):

олово	40
олово двухвалентное	35
свинец	44
кислота борфтористоводородная свободная	40
кислота борная свободная	25
клей столярный	3

3-3. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ОБЖИМОК

Для обжатия собранных пакетов слюдяных конденсаторов с целью повышения их стабильности и механической прочности и для вывода обкладок соединенных между собой, наружу конденсатора, применяются металлические обжимки.

Обжимки изготавливаются различной конструкции: проволочные, ленточные, штампованные и другие (рис. 1-4).

Проволочная обжимка (рис. 3-3) для конденсаторов КСО-1, 2, 5 изготавливается из луженой медной проволоки диаметром 0,68; 0,8 или 1 мм на специально разработанном для этой цели автомате. Кинематическая схема автомата приведена на рис. 3-4.

Проволока через рихтовочные ролики 1 подается механизмом подачи 2, приводимом в движение от кулачка 18, к гибочным пуансонам 5, 16. При обратном движении механизма подачи 2 механизм зажима 3, 17 зажимает проволоку и не дает ей отходить обратно.

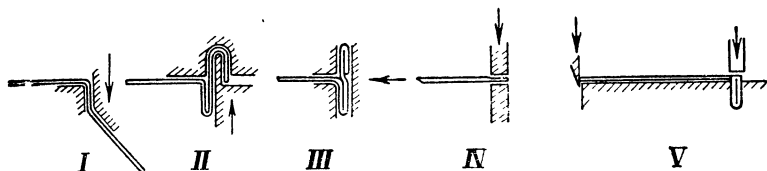


Рис. 3-3. Переходы при изготовлении проволочной обжимки.

Механизмы начальной 5, 15 и окончательной 16, 22 гибки осуществляют переходы I и II (рис. 3-3), механизм же торцового подгиба 8, 9 — переход III. Затем производится расплющивание — переход IV — механизмом расплющивания 4, 14, после чего следует дальнейшая подача проволоки и заготовка обжимки перемещается под пуансон гибки и резки 6, 13 — переход V. Готовая обжимка сбрасывается механизмом сброса 7, 12 в приемный лоток.

Производительность автомата около 14 500 обжимок за 7 ч работы при коэффициенте использования 0,8. Один оператор обслуживает 5—6 автоматов.

Для обжатия пакетов конденсаторов КСО иногда применяется ленточная обжимка, изготовленная из латунной ленты и медной проволоки. Изготовление ленточных обжимок также производится на специальном автомате (рис. 3-5). Кинематическая схема автомата показана на рис. 3-6.

Подготовка автомата к работе начинается с заправки его латунной лентой, специально подготовленной для этой цели (§ 3-5), и медной проволокой.

Латунную ленту в бухте устанавливают на подставку автомата, и свободный ее конец в горизонтальном

направлении пропускают через рихтовочные ролики и заводят в отверстия каретки подачи. Сверху в вертикальном направлении подводится медная проволока посредством подающего устройства с шариками в конусах.

При движении вперед каретки подачи лента подается под пуансон пробивки ушка, а затем подводится к каретке оформления. Луженая проволока, проходя через направляющую трубку, отверстие скобы и паз угольника, стоящего на задней каретке оформления, попадает

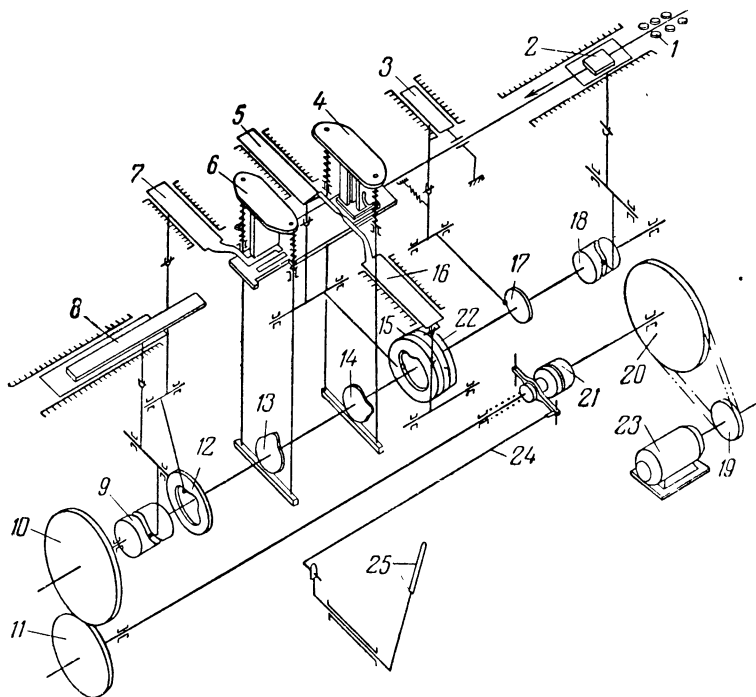


Рис. 3-4. Кинематическая схема автомата для изготовления проволоочной обжимки.

1 — рихтовочные ролики; 2 — каретка подачи проволоки; 3 — каретка зажима проволоки; 4 — пуансон расплющивания; 5 — каретка начальной гибки; 6 — пуансон резки и гибки в скобу; 7 — каретка сброса; 8 — каретка торцового подгиба; 9 — кулачок,двигающий каретку торцового подгиба; 10, 11 — зубчатая цилиндрическая передача; 12 — кулачок движения каретки сброса; 13 — кулачок движения пуансона резки и гибки в скобу; 14 — кулачок движения пуансона расплющивания; 15 — кулачок движения каретки начальной гибки; 16 — каретка окончательной гибки; 17 — кулачок движения каретки зажима проволоки; 18 — кулачок движения каретки подачи проволоки; 19, 20 — ременная передача; 21 — фрикционная муфта; 22 — кулачок движения каретки окончательной гибки; 23 — электродвигатель; 24 — тяга; 25 — ручка включения.

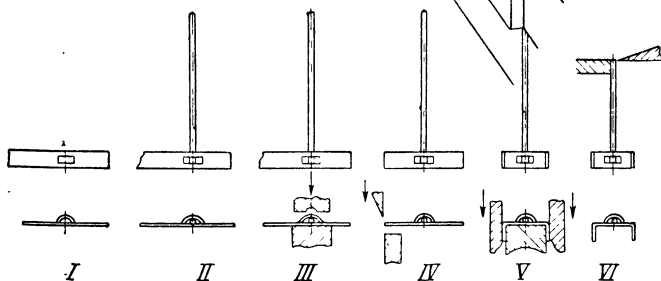
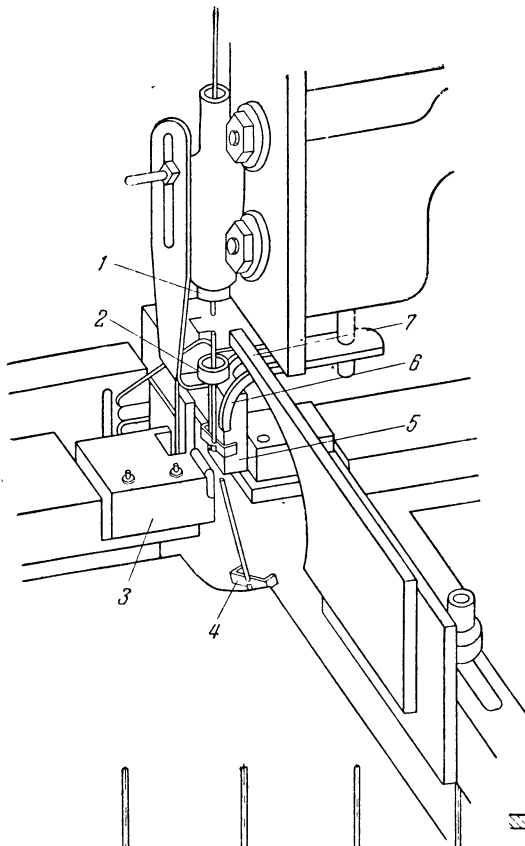


Рис. 3-5. Общий вид рабочей части автомата изготовления ленточной обжимки:

1 — направляющая трубка; 2 — скоба с отверстием; 3 — передняя каретка оформления обжимки и опрессовки вывода; 4 — готовая обжимка; 5 — задний прижим узла оформления обжимки; 6 — сбрасыватель; 7 — нож отрезки проволоки; I, II, III, IV, V, VI — переходы при изготовлении ленточной обжимки.

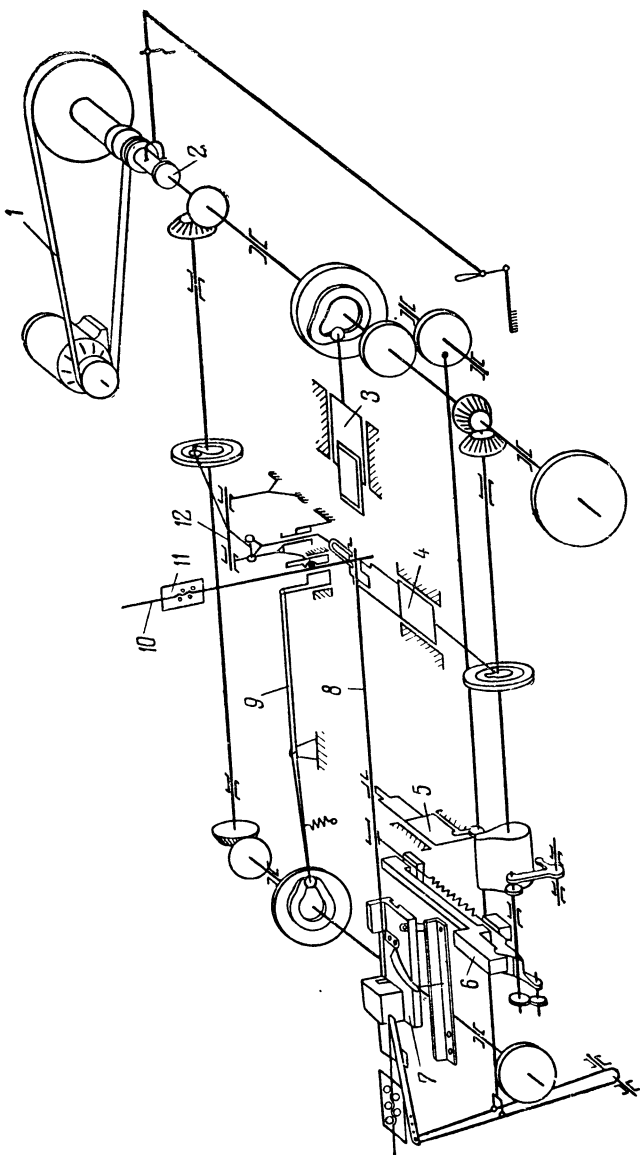


Рис. 3-6. Кинематическая схема автомата для изготовления ленточной обжимки.

1 — ременная передача от электродвигателя; 2 — узел включения и выключения автомата; 3 — узел отрезки проволоочного вывода; 4 — узел отрезки ленты, оформления и опрессовки обжимки; 5 — узел пробивки ушка для вывода латунной ленты; 6 — узел прижима ленты; 7 — узел подачи латунной ленты; 8 — латунная лента; 9 — узел подачи проволоки; 10 — медная проволока; 11 — узел сбрашивания готовых изделий; 12 — узел сбрасывания готовых изделий.

в ушко обжимки и опрессовывается. Далее боковой нож отрезает проволоку около основания направляющей трубки, и готовая обжимка сбрасывается в наклонный лоток и по лотку соскальзывает в металлический ящик.

Следовательно, операции по изготовлению обжимки происходят в следующей последовательности: лента подается к каретке оформления, пробивается ушко, подается проволока в ушко, лента обрезается, оформляется коробочка обжимки, опрессовывается проволока в ушке обжимки, отрезается проволока и готовая обжимка сбрасывается.

После запуска автомата необходимо сверить размеры и внешний вид обжимки с утвержденными образцами и чертежом. Если обнаружатся дефекты обжимки, то следует определить их характер и произвести регулировку тех или иных узлов автомата. Если получается разная высота крыльев обжимки, то следует отрегулировать узел подачи ленты. Если происходит слабая опрессовка проволоки в ушке, то надо отрегулировать узел опрессовки.

Когда проволока не попадает в ушко обжимки, следует проверить несколько узлов, так как этот дефект может быть вызван износом матрицы, износом пробивного пуансона, плохой регулировкой узла подачи ленты, износом конуса или шариков узла подачи проволоки, смещением направляющего отверстия скобы.

Конец проволоки может выступать из ушка обжимки по причине ослабления болта, удерживающего от смещения узел подачи проволоки по длине. После регулировки тех или иных узлов автомата и получения качественной обжимки автомат следует запустить в работу.

Производительность автомата порядка 45 000 штук за 7 ч работы при коэффициенте использования 0,8.

Изготовленная на полуавтомате ленточная обжимка должна быть облужена. В процессе лужения обеспечивается дополнительное укрепление проволоки в ушке обжимки, улучшается контакт между ними, вся обжимка покрывается ровным слоем припоя, что создает лучший контакт между фольгой и обжимкой при обжатии пакета. Облуживание ленточных обжимок при массовом их производстве ведется в центрифуге.

Для получения качественного равномерного покрытия, прочно сцепленного с основным металлом, без пор и непролуженных участков ленточные обжимки обезжиривают и травят для удаления загрязнений, окислов, жировых пятен, пыли и т. д. Травление производится в ванне с азотной (ТУ АУ 112-56) и серной (ГОСТ 2184-59) кислотой, смешанными в отношении 1:1. Обжимки закладываются в корзинку и опускаются в раствор на 1—2 мин, после чего промываются холодной проточной водой.

Далее проводится операция флюсования в ванне с водным раствором хлористого цинка, куда обжимки опускаются вместе с корзиной. При вынимании корзины из ванны ее резко встряхивают для освобождения обжимок от излишков флюса и пересыпают обжимки в прогретую корзину для лужения. Лужение ведется в тигле, изготовленном из серого чугуна, а не из железа во избежание получения железо-оловянного сплава, присутствие которого в припое дает плохое качество лужения. Температура нагрева припоя в тигле контролируется терморегулятором.

За 1,5—2 ч до лужения включают нагрев тигля и расплавляют припой, температура которого должна быть порядка 390—410°С. Высокая температура припоя обуславливается тем, что во время вращения центрифуги детали соприкасаются с холодным воздухом и при меньшем нагреве припоя он может затвердеть прежде, чем детали освободятся от лишнего припоя (могут быть неровности на поверхности, спаивание деталей между собой).

После полного расплавления припоя его поверхность посыпают слоем графитного порошка или хлористого аммония, которые защищают припой от окисления при таких высоких температурах.

Прогретую корзину с обжимками опускают на 10—12 сек в тигель с расплавленным припоем, предварительно сняв с его поверхности графитный порошок.

Через каждые 1,5—2 ч необходимо покрывать поверхность припоя новым слоем хлористого аммония или графитного порошка, а через 10—15 мин удалять этот слой. Если этого не делать, то при поднятии корзины с обжимками из тигля окислы припоя в виде синих и желтых пленок осядут на обжимках. Необходимо заме-

тить, что следует соблюдать особую осторожность при первичном погружении в тигель еще мало прогретой корзины, так как при соприкосновении холодной массы с расплавленным припоем происходит интенсивное разбрызгивание сплава. По этой же причине совершенно недопустимо внесение в разогретый припой капель холодной воды на деталях или приспособлениях.

Через 10—12 сек корзину с обжимками вынимают из припоя, резко встряхивают и быстро вставляют в приемную часть центрифуги. Крышку центрифуги закрывают и включают электродвигатель. При скорости вращения центрифуги 1 100 об/мин развиваются большие центробежные силы, которые излишки припоя в виде мелких капель отрывают от деталей и через отверстия в корзине выбрасывают к внутренним стенкам каркаса. С внутренней стенки отвердевшие частицы припоя попадают в сборник, расположенный внизу центрифуги. По прошествии 6—8 сек центрифугу останавливают, корзину вынимают из приемной части и детали высыпаят в корзину для нейтрализации.

Нейтрализация производится в содовом растворе при температуре 95° С. Погруженные в него детали перемешиваются деревянной мешалкой. Далее детали промываются сначала в ванне с холодной проточной водой, а потом в ванне с горячей водой, и качественно облуженные детали направляются в сушильный шкаф. После сушки ленточная обжимка окончательно готова.

Обжимки некоторых типов изготавливаются при помощи штамповки на эксцентриковых прессах, например, для КСО-7-8, для ССГ.

Процесс штамповки здесь не рассматривается, так как эта технологическая операция подробно описывается в различной технической литературе. Отштампованные из меди или латуни обжимки подвергаются горячему лужению при помощи центрифуги так же, как это было рассмотрено выше.

3-4. ИЗГОТОВЛЕНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОРПУСОВ КОНДЕНСАТОРОВ

Для герметизации слюдяных пакетов конденсаторов типа КСГ и ССГ они помещаются в металлические корпуса, имеющие вакуум-плотную конструкцию. Собственно металлический корпус (без крышки), куда поме-

щается пакет, представляет собой коробочку (рис. 1-7 и 1-8).

Корпус для конденсаторов типа ССГ изготавливается цельнотянутым из холоднокатаной мягкой полосовой стали согласно ГОСТ 503-41. Если надо получить немагнитную конструкцию корпуса конденсатора, он изготавливается из меди (медные корпуса изготавливаются редко, по разовым заказам и в небольших количествах). Из полосы материала необходимой ширины при помощи штампов на механических прессах производят вырубку контура, вытяжку корпуса, обрубку корпуса, пробивку отверстий под изолятор, нанесение пуклевок для удержания крышки. Сравнительно малые размеры по высоте корпуса для конденсаторов ССГ по сравнению с их шириной позволяют производить вырубку контура и окончательную вытяжку корпуса за одну операцию. Перед вытяжкой заготовок полосу протирают ветошью, смоченной маслом, и смазывают мыльным или графитовым раствором во избежание быстрого износа матрицы и пуансона штампа, а также для предотвращения разрывов корпусов.

Перед установкой вытяжных штампов на пресс необходимо рабочие поверхности матрицы и пуансона тщательно осмотреть и малейшие риски и заусенцы должны быть сглажены мелкозернистым оселком или заполированы пастой ГОИ. Как показала практика, риски любой глубины, направленные в сторону вытяжки металла, являются очагами разрывов и трещин, которые обычно обнаруживаются в момент лужения корпусов.

Изготовленные на штампе корпуса проходят операции травления, горячего лужения в центрифуге и операцию нейтрализации.

Корпуса конденсаторов КСГ-1 и КСГ-2 не цельнотянутые, прямоугольные, изготавливаются из белой жести толщиной 0,35 мм.

Прежде всего производят заготовку полос нужной ширины из листов луженой жести стандартного размера. Эта операция производится на обычных гильотинных ножницах с механическим приводом. Эти ножницы работают на самоходе, после установления по шкале отсчета нужной ширины отрезаемой от листа полосы. Оператор должен только подавать лист до упора. За одну смену оператор может заготовить 6—7 тыс. полос. По-

лосы необходимо предохранять от загрязнения во избежание ускоренного износа штампов.

Вырубка контура из полосы и предварительное гнутье бортиков заготовки с двух сторон под углом 90° производится одновременно за одну операцию на одном штампе (рис. 3-7). Второе гнутье производится на втором штампе. Штампы могут устанавливаться на эксцентриковых и кривошипных прессах мощностью от 3 до 40 т.

В целях лучшей сохранности прямоугольной формы корпуса и более качественной последующей пайки боковой шов корпуса сваривается в нескольких точках.

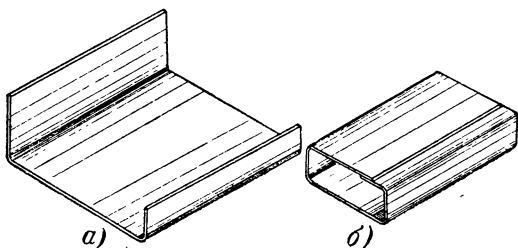


Рис. 3-7. Этапы изготовления металлического корпуса.

а — заготовка после 1-го гнутья; *б* — заготовка после 2-го гнутья.

Затем одевают донышко (без отверстия для КСГ-2 и с отверстием для КСГ-1) и его также приваривают точечной сваркой.

Эта операция производится при помощи аппарата точечной сварки на специальной оправке, изготовленной из красной меди (рис. 3-8).

С одной стороны оправки по всей ее длине выбирается паз на глубину, равную толщине материала, для захода нижней кромки шва корпуса при одевании его на оправку. На оправке имеется ограничительный штифт, который фиксирует положение края корпуса относительно торца оправки на расстоянии 1 мм.

Процесс сварки достаточно прост. Оправку с корпусом устанавливают на площадку кронштейна аппарата точечной сварки и плотно прижимают к упору. Положение упора должно быть предварительно отрегулировано так, чтобы при опускании электрода при помощи

ножной педали конус электрода приходился посередине шва корпуса над пазом оправки. Нужно количество точек сварки по длине продольного шва получают, передвигая оправку вдоль шва, плотно прижимая ее к упору. Затем на корпус, не снимая его с оправки, одевают донышко и, прижимая донышко к упору, приваривают

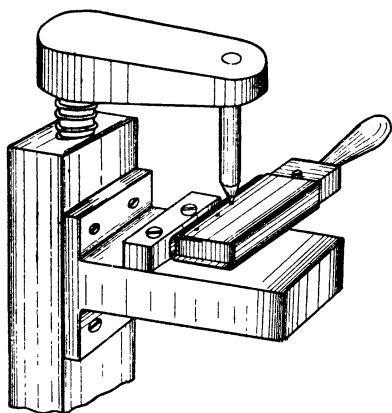


Рис. 3-8. Точечная сварка корпуса.

его к корпусу, нанося точки сварки со всех четырех сторон, после чего готовый корпус снимается с оправки. Для получения качественной точечной сварки необходимо следить за тем, чтобы коническая часть электрода была заточена. При подгорании ее надо электрод заменить, а старый электрод передать на заточку. Оправка при непрерывной работе сильно нагревается и ее периодически

надо заменять холодной, запасной. Кроме этого необходимо правильно отрегулировать силу тока сварочного аппарата. Неправильно отрегулированной аппарат или прожигает металл, образуя глубокие точки с цветами побежалости, или дает слабую сварку, которая при последующей пайке расходится. В дальнейшем такой корпус оказывается негерметичным.

После проверки высоты корпуса предельной скобой корпус направляется на пайку швов припоем ПОС-30 или ПОС-40.

Пайку вертикального шва и шва дна с корпусом осуществляют одновременно, путем полного погружения корпуса в электрованну с расплавленным припоем с температурой $280\text{—}300^\circ\text{C}$, которая автоматически поддерживается при помощи терморегулятора.

Эта операция производится при помощи щипцов с широкими губками, которыми корпус захватывается и погружается сначала в водный раствор хлористого цинка (флюс), а потом в ванночку с расплавленным при-

поем. По истечении 2—3 сек корпус вынимается из ванны, припой выливается из корпуса и его встряхивают над ванной, чтобы освободиться от осевшего на наружных и внутренних стенках излишнего припоя. Донышко протирается хлопчатобумажной материей, и корпус устанавливается на ровную горизонтальную доску для предотвращения затеков припоя во внутренние углы корпуса и недопайки швов. Если температура припоя низкая, то на стенках корпуса будут оставаться наплывы припоя или появится мелкая шероховатость. Такой же дефект может получаться, если не дать корпусу хорошо прогреться в течение 2—3 сек.

Пайка швов корпуса методом полного погружения дает высокую производительность, хорошую плотность и герметичность шва. Корпус хорошо устойчив против коррозии и хорошо подготовлен к последующей пайке крышки после сборки в него секций конденсатора. После пайки корпус необходимо подвергнуть нейтрализации и хорошо промыть.

3-5. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ШТАМПОВАННЫХ ДЕТАЛЕЙ

Некоторые детали слюдяных конденсаторов, такие как лепестки, некоторые виды обжимок, колпачковые выводы конденсаторов типа СГМ, крышки к корпусам и другие изготавливаются методом холодной штамповки.

Метод холодной штамповки, штампы различных конструкций, приспособления и прессы, применяемые для изготовления штампованных деталей, достаточно известны и хорошо описаны в многочисленной литературе, и поэтому эти вопросы в данном разделе не будут рассматриваться.

Рассмотрим только некоторые технологические вопросы, касающиеся производства штампованных деталей для слюдяных конденсаторов.

Несколько типов обжимок и лепестков изготавливаются из латунной ленты различной ширины, иногда такой, которая нашей промышленностью не поставляется, и поэтому получаемую ленту приходится разрезать на полосы. Такая необходимость, например, возникает при изготовлении ленточной обжимки КСО-5, штампованной обжимки КСО-8 и в ряде других случаев.

Для получения полос определенной ширины бухту полосовой латуни марки Л62М (ГОСТ 2208-49) шириной 200 мм разматывают и режут на отдельные куски длиной 25—30 м на гильотинных ножницах. Дальнейшую разрезку этих кусков на полосы нужной ширины производят на специально оборудованном фрезерном станке. Вместо фрезы устанавливаются дисковые ножи

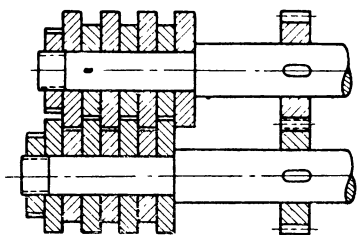


Рис. 3-9. Устройство дисковых ножей.

(рис. 3-9). С одной стороны станка устанавливается стойка для подвески неразрезанной латунной бухты, а с другой стороны—приемный валик для наматывания разрезанной ленты.

Отрезанный кусок латунной ленты длиной 25—30 м сматывается в бухту и устанавливается на ось стойки, а конец ее подво-

дят через направляющие под дисковые ножи. Вращение дисковых ножей осуществляется от шпинделя фрезерного станка с помощью зубчатой передачи. Между ножами установлены промежуточные кольца.

Латунная полоса захватывается ножами и разрезается режущими кромками на узкие полосы (для обжимки КСО-5 шириной 5 мм). Концы тонких латунных полос закрепляются на приемном валике. Каждая полоса ограничена текстолитовыми кругами, надетыми на приемный валик для предотвращения спутывания наматываемых в бухточки полос. Приемный валик приводится во вращение при помощи ременной передачи от шпинделя фрезерного станка. Когда вся полоса пропущена через дисковые ножи, приемный валик снимается и с него снимают бухточки латунных полос нужной ширины. Для получения качественных полос точного размера по ширине без надрывов, заусенцев и царапин необходимо, чтобы дисковые ножи были изготовлены из высококачественной стали и весьма точно. Они должны быть хорошо шлифованы по диаметру и плоскости. При регулировке ножей следует строго следить за тем, чтобы валики не имели биения, а комплекты верхних и нижних ножей должны быть очень хорошо подогнаны.

Такое же требование предъявляется и к промежуточным кольцам, толщина которых должна быть на 0,01 мм больше дисковых ножей, чтобы не было «заедания» латуни в ножах и гребенках.

Точно отрегулированные и собранные на валиках ножи сжимаются туго гайками, причем верхние и нижние ножи должны быть установлены так, чтобы пере-

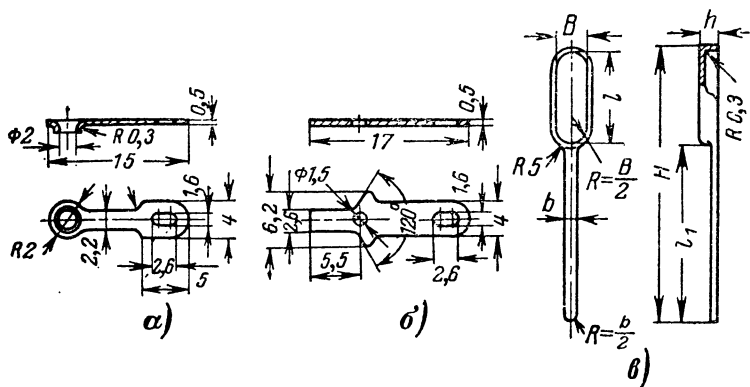


Рис. 3-10. Выводные лепестки и выводной колпачок.

а — выводной лепесток для стеклянного изолятора; *б* — выводной лепесток для конденсатора КСГ-1; *в* — выводной колпачок конденсатора СГМ.

крытие их было на 0,4—0,5 мм больше толщины разрезаемого материала. Это достигается опусканием и подниманием стола фрезерного станка.

В целях экономии цветных металлов следует правильно рассчитывать раскрой широкой латунной ленты с тем, чтобы от всей ширины ленты не оставалось каких-либо немерных отходов.

Выводные лепестки для конденсаторов КСГ-2, ССГ изготавливаются также из мягкой латунной ленты (ГОСТ 2208-49) при помощи холодной штамповки. Лепесток (рис. 3-10, *а б*) имеет два отверстия: одно для одевания его на токопроводящую трубочку стеклянного выводного изолятора, другое для подключения конденсатора к электрической схеме. Отверстие, необходимое для одевания на трубочку изолятора, имеет небольшую вытяжку (коронку) высотой около 1 мм. Вырубается лепесток из латунной ленты толщиной 0,5 мм.

Для изготовления лепестка применяются многорядные комбинированные последовательные штампы, на которых производится вырубка контура лепестка, вытяжка коронки и пробивка отверстий. Одновременно вырубается до пяти готовых лепестков.

Штамповка производится на автоматических прессах с устройством, протягивающим ленту через штамп. Работа оператора заключается в наблюдении за работой прессы, в заправке очередной латунной ленты и передаче вырубленных лепестков на следующие операции.

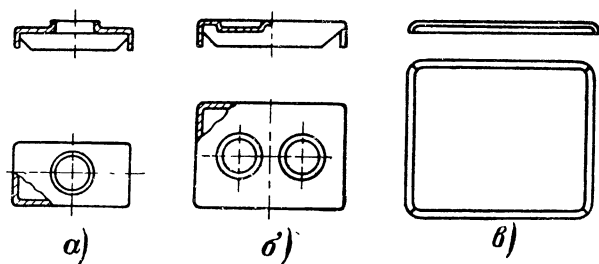


Рис. 3-11. Конструкция крышек конденсаторов.
а — крышка КСГ-1; б — крышка КСГ-2; в — крышка ССГ.

Вырубленные лепестки подвергаются травлению, флюсованию, горячему лужению с помощью центрифуги, промывке с целью нейтрализации и удаления остатков флюса и сушке в термостате. Эти операции производятся так же, как это описано в § 3-3.

Выводной колпачок конденсаторов СГМ и СГМЗ, конструкция которого показана на рис. 3-10,в, изготавливается также методом штамповки. Весь процесс ее изготовления аналогичен процессу изготовления лепестка.

Точно таким же способом изготавливаются обжимки для конденсаторов КСО-6, КСО-7, КСО-8, КСО-10, КСО-11, КСО-12, КСО-13, КСГ-1, КСГ-2, ССГ. Их конструкции приведены на рис. 1-4.

Крышки для корпусов конденсаторов КСГ-1, КСГ-2 и ССГ изготавливаются также на штампах. Для крышки конденсаторов КСГ применяется жечь белая луженая (ГОСТ 5343-54), для конденсаторов ССГ — сталь 08КП (ГОСТ 1050-60) или медная лента МЗ (ГОСТ 1173-49). Конструкция крышек приведена на рис. 3-11.

Крышки конденсаторов ССГ изготавливаются на простых вырубных штампах, а крышки конденсаторов КСГ-1 и КСГ-2 на комбинированных штампах. На комбинированных штампах при изготовлении крышки производятся следующие операции: вырубается отверстие, вытягиваются коронки отверстий, вырубается контур заготовки крышки и производится гнутье крышки согласно конфигурации, заданной по чертежу.

3-6. ВПАЙКА ИЗОЛЯТОРОВ

При выполнении вакуум-плотной конструкции конденсаторов в металлических корпусах необходимо в крышку или корпус впаять стеклянные или керамические проходные изоляторы, через которые выводы конденсатора выводятся наружу.

Впайка стеклянных изоляторов в крышку в массовом производстве осуществляется в конвейерной электропечи с терморегулятором. Этот способ позволяет получить высокую производительность. Кроме этого, при таком методе пайки получаются: равномерное затекание припоя вокруг изолятора, экономия припоя, почти полное отсутствие брака по растрескиванию изоляторов и обеспечивается чистота пайки.

Торцовые стороны электропечи имеют небольшие окна для прохода конвейерной ленты из металлической сетки с расположенными на ней крышками. На выходе печи расположен вытяжной колпак для улавливания газов, выделяющихся во время пайки. Скорость движения конвейерной ленты устанавливается в зависимости от температурного режима печи, размеров крышки и впаиваемых изоляторов.

Подогрев конвейерной печи и вентиляцию необходимо включить за 1—2 ч до начала работы, установив температуру в пределах 400—600° С, затем включается конвейер и подбирается скорость движения конвейерной ленты (по опытной пайке двух—четырех деталей).

Кольцевой припой ПОС-30 (или ПОС-40), при помощи которого впаиваются изоляторы в крышку, необходимо предварительно профлюсовать. Для этого колечки припоя (диаметр проволоки припоя 0,8 мм) рассыпаются по противню, посыпаются порошком канифоли и тщательно перемешиваются. Неприлипший к колеч-

кам припоя канифольный порошок отсеивается через сито, а колечки высыпаются в железную тару.

Перед установкой крышек на ленту конвейера производят сборку изоляторов в них. Крышки помещаются рядом друг с другом с небольшим зазором на алюминиевую рейку и каждая выдавка под изолятор смазывается кисточкой спиртоканифольным флюсом. Далее в каждую выдавку вставляется изолятор и на него одевается кольцо припоя, профлюсованное канифольным порошком так, чтобы оно плотно и ровно лежало на поверхности крышки по всей окружности изолятора. Крышки, подготовленные таким образом к пайке, ставятся вместе с алюминиевыми рейками на движущуюся ленту конвейера и пропускаются через электропечь. После печи крышки остывают и сваливаются в ящик-приемник.

При проверке качества впайки необходимо помнить, что не допускаются какие-либо недопай, перекосы изоляторов, резко заметные на глаз, наплывы припоя больше 0,5 мм, цвета побежалости и пятна на поверхности крышки.

Впайка стеклянных изоляторов в корпуса конденсаторов ССГ производится аналогично.

При изготовлении слюдяных герметизированных конденсаторов типа КСГ-1 необходимо впаять керамический столбиковый изолятор в крышку. Эта операция очень ответственна. Попытки производить эту впайку в конвейерной туннельной печи кончились неудачно из-за трудности подбора соответствующего технологического режима, так как растворение слоя серебра на керамическом изоляторе припоем приводит к большому проценту брака. В настоящее время впайка керамических изоляторов в крышки осуществляется токами высокой частоты.

Шов, соединяющий столбиковый керамический изолятор с крышкой, представляет собой пайку металла и керамики, поэтому поверхность керамического изолятора предварительно металлизруется.

Технологический процесс впайки столбиковых керамических изоляторов токами высокой частоты разбит на операции:

а) в алюминиевые вкладыши приспособления в определенном порядке укладываются крышки;

б) на слегка смоченные в масляно-канифольном флюсе керамические столбиковые изоляторы одеваются заранее приготовленные колечки диаметром 12,5 мм из проволочного припоя ПОС-40 диаметром 1,5 мм;

в) изоляторы с одетыми на них колечками припоя надеваются на шпильки приспособления и вставляются в отверстие крышки так, чтобы кольцо припоя плотно прилегало к крышке;

г) приспособление вместе с крышками и изоляторами ставится на движущуюся ленту конвейера и пропускается через индуктор;

д) на конце конвейерной ленты приспособление снимается с нее.

В приспособление одновременно закладывается десять крышек. Расстояние индуктора от детали около 15 мм, время прохождения изделия под индуктором около 30 сек. Длина индуктора 295 мм, поэтому одновременно паяется шесть швов у шести крышек.

При помощи пинцета крышки с впаянными в них изоляторами вынимаются из приспособления и кладутся в специальную тару для готовых изделий или направляются на повторную пайку в случае обнаружения недопая (что бывает весьма редко).

Производительность установки около 5 000 швов в смену.

3-7. МЕТАЛЛИЗАЦИЯ КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗОЛЯТОРОВ

Керамические изоляторы должны быть металлизированы по пояску на внешней цилиндрической поверхности и по конусной поверхности сверху изолятора. Процесс металлизации керамического изолятора предусматривает нанесение на керамику тонкого слоя серебра и последующего горячего облуживания легкоплавким припоем посеребренных мест.

Операция серебрения керамических изоляторов осуществляется методом трехкратного вжигания нанесенной серебросодержащей пасты (см. § 5-3). Употребляемая для нанесения слоя серебра паста должна быть однородной и хорошо растертой. Содержание металлического серебра в пасте порядка 50—54%, вязкость ее порядка 15—25 сек. До нужной вязкости паста разбавляется скипидаром и профильтровывается через шелковое сито № 46-49 (ГОСТ 4405-48),

С целью лучшего сцепления между металлом и керамикой паста для первого и второго серебрения готовится с боратом свинца. Паста для третьего серебрения для облегчения последующего лужения припоем ПСР-1,5 готовится без бората свинца.

Качество вжигания серебра зависит от температурных режимов вжигания, которое производится в электрических муфельных конвейерных печах. Максимальная температура вжигания должна соответствовать температуре размягчения глазури. Температурная кривая

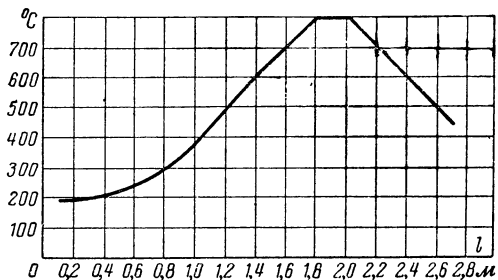


Рис. 3-12. Температурная кривая печи вжигания серебра при металлизации керамических изоляторов.

печи длиной в 2,7 м при времени прохождения керамических изоляторов через печь за 2 ч 5 мин — 2 ч 10 мин приведена на рис. 3-12.

Перед нанесением слоя пасты керамические изоляторы для удаления различного рода загрязнений дважды промываются в горячей дистиллированной воде при температуре 70—90°С и затем просушиваются в термостате при температуре 100—150°С до полного высыхания. На влажные изоляторы пасту наносить нельзя. Иногда промывка изоляторов заменяется обжигом при температуре 550—600°С в течение 30 мин.

Нанесение серебра осуществляется чаще всего на простом механизированном приспособлении. Изолятор зажимается в цангу, которая приводится во вращение от малоомощного электродвигателя. В ванночку с пастой опускаются закрепленные на двух простых рычажных устройствах две колонковые кисточки № 4, которые при

нажатию на ножную педаль плавно подводятся к вращающемуся изолятору и наносят тонкий слой пасты на боковую поверхность его (поясок) и на торцовую конусообразную поверхность (на различных заводах используются станки, несколько отличные друг от друга по устройству и по степени механизации).

После нанесения слоя пасты керамические изоляторы устанавливаются на штифты реек конусообразным углублением кверху так, чтобы они не соприкасались друг с другом.

В таком виде изоляторы просушиваются на воздухе, а потом в термостате при температуре $100\text{--}150^{\circ}\text{C}$ в течение 1 ч.

После подсушки изоляторы на рейках ставятся на транспортер конвейерной печи и пропускаются через печь при температуре $600\text{--}800^{\circ}\text{C}$ (в зависимости от температуры размягчения глазури).

Перед серебрением больших производственных партий необходимо произвести серебрение нескольких изоляторов и проверить: качество серебрения внешним осмотром, правильность нанесения серебряного слоя согласно чертежу, способность к лужению припоем ПСР-1,5 с масляно-канифольным флюсом, среднюю толщину нанесенного слоя, прочность сцепления серебра с керамикой на разрывной машине. Разрывное усилие должно быть не менее 120 кг/см^2 , и разрыв должен произойти в местах пайки вместе с глазурью. Наличие просветов на изоляторах указывает на заниженную вязкость пасты, а наличие пузырчатости слоя серебра — на завышенную вязкость или на несоблюдение режимов сушки.

После третьего серебрения изолятора его металлизированные поверхности облуживаются припоем ПСР-1,5 с масляно-канифольным флюсом. Облуживание производится ручным паяльником, нагретым до температуры $300\text{--}320^{\circ}\text{C}$. При этом не следует перегревать серебряный слой изолятора, так как продолжительное лужение и высокая температура способствуют растворению вожженного серебра в припое, по причине чего увеличивается брак по герметичности конденсаторов. У качественно облуженных изоляторов не должно быть наплывов, а серебряная поверхность должна быть полностью покрыта припоем.

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СЛЮДЯНЫХ КОНДЕНСАТОРОВ

4-1. ОСОБЕННОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СЛЮДЯНЫХ КОНДЕНСАТОРОВ

Технологический процесс производства слюдяных конденсаторов имеет ряд особенностей.

Первая его особенность заключается в том, что конденсатор состоит из отдельных маленьких, легких и достаточно хрупких пластинок слюды, которые в процессе изготовления конденсаторов должны большое число раз перемещаться с операции на операцию. От целостности и чистоты пластинок слюды в большой мере зависят все электрические параметры конденсатора. Поэтому необходимо уделять самое большое внимание во время совершения технологических операций сохранности пластинок слюды и чистоте их поверхности.

Второй особенностью является то, что слюда является природным сырьем и качество ее в процессе обработки не может быть улучшено, а может даже ухудшено при небрежном выполнении тех или иных технологических операций. Поэтому для получения конденсаторов высокого качества должен производиться тщательный отбор годных исходных пластинок слюды, а также полуфабрикатов из нее (серебряной слюды, собранных пакетов и др.) и тщательный выходной контроль готовых изделий.

Третьей особенностью является то, что обкладками конденсатора в большинстве конструкций слюдяных конденсаторов служит слой серебра. Операция нанесения серебряного слоя на слюду должна производиться очень тщательно, так как от качества серебряного слоя сильно зависит качество самого конденсатора — его электрические характеристики. Следовательно, технологическая операция нанесения серебряного слоя на слюду, как бы она ни осуществлялась (методом вакуумного испарения, методом «вжигания» или другим способом), должна производиться в строгом соответствии с чертежом и технологической инструкцией.

Четвертая особенность заключается в том, что слюдяные конденсаторы имеют наиболее высокие электри-

ческие характеристики, к которым предъявляются высокие требования по точности номинальной емкости, а также по ее стабильности при температурных изменениях окружающей среды.

Поэтому технологический процесс их изготовления предусматривает подгонку емкости, тренировку отдель-

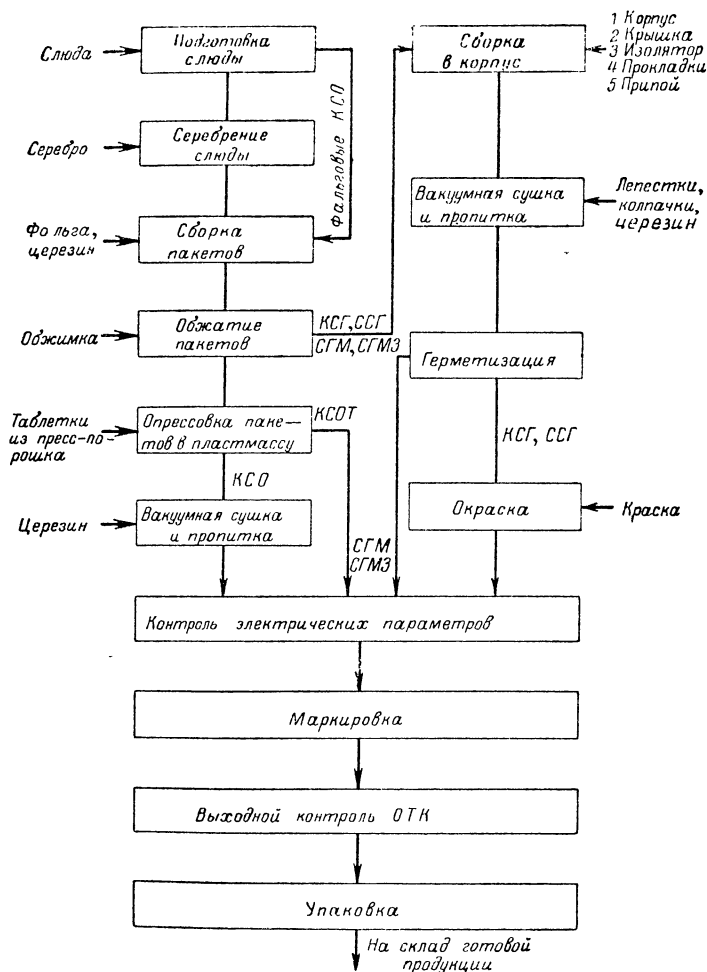


Рис. 4-1. Схема технологического процесса слюдяных конденсаторов типа КСО, КСОТ, КСГ, ССГ, СГМ, СГМЗ.

ных деталей, узлов, готовых конденсаторов, а также отбор их, особенно в случае изготовления конденсаторов с допустимым отклонением емкости от номинальной 0,3, 0,5 и 1% и предназначенных для работы в ответственных схемах.

Пятая особенность заключается в наличии большого количества измерительных операций, требующих для своего осуществления сложных и дорогих приборов, полуавтоматов и автоматов.

К шестой особенности современного массового производства слюдяных конденсаторов следует отнести большую насыщенность технологического процесса механизированным и автоматизированным оборудованием, которое требует внимательного, технически грамотного обслуживания и, следовательно, квалифицированной рабочей силы.

Рассмотрев основные особенности технологического процесса изготовления слюдяных конденсаторов, в следующих параграфах рассмотрим отдельные технологические операции этого процесса, применяемые в массовом производстве. Ориентировочная схема технологического процесса приведена на рис. 4-1.

4-2. СОРТИРОВКА СЛЮДЫ ПО ТОЛЩИНЕ

Слюда, поставляемая со слюдяных фабрик, недостаточно точно раскалибрована по толщине. В ней наряду с теми толщинами, которые используются в конденсаторостроении (от 20 до 60 мк), допускается наличие (до 4%) пластинок с толщиной выше 65 мк и до 1% — менее 20 мк. Собирать ее сразу же в пакеты не представляется возможным и поэтому вся получаемая слюда проходит тщательную рассортировку по толщине.

Раньше вся слюда рассортировывалась вручную на специальных приспособлениях с микрометрическим индикатором. В настоящее время вручную слюда рассортировывается только при производстве мелких партий конденсаторов. В массовом производстве приходится рассортировывать очень большое количество пластинок слюды по толщине и для этой цели создан специальный автомат.

Пластинка слюды в автомате зажимается одним концом, а на другой свободный конец ее прикладывается

определенное усилие — грузик. Величина прогиба пластинки слюды будет зависеть от ее толщины.

Автомат предназначается для сортировки слюды размером от 7×14 до 20×30 мм толщиной от 20 до 70 мк. Сортировка слюды проводится на семь групп: 1) до

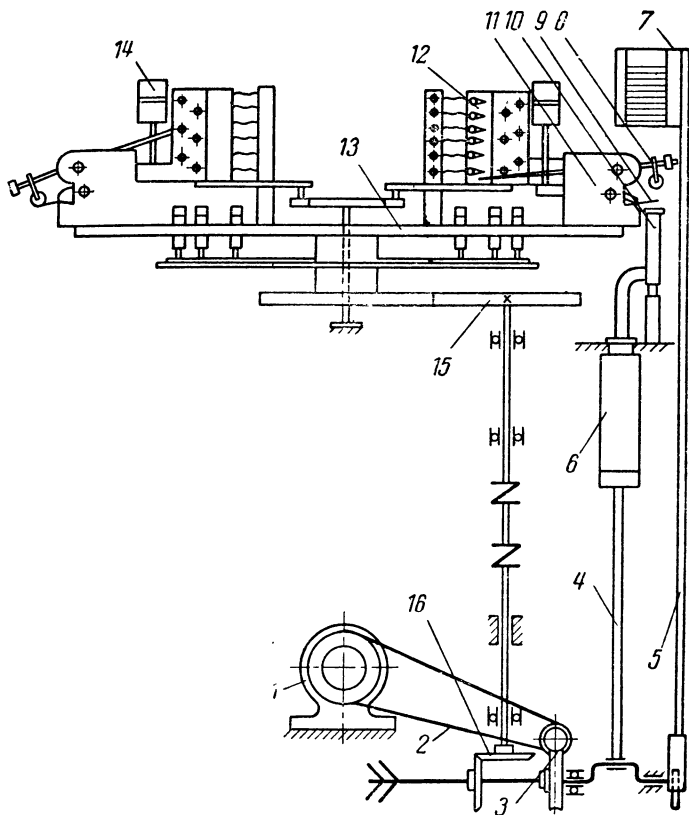


Рис. 4-2. Кинематическая схема автомата сортировки слюды по толщине.

20 мк; 2) 20—25 мк; 3) 25—35 мк; 4) 35—45 мк; 5) 45—55 мк; 6) 55—65 мк; 7) 65 мк и выше. Производительность автомата при коэффициенте использования 0,9 около 12 000 шт. за 7 ч работы.

Принцип действия автомата показан на рис. 4-2 и 4-3.

Электродвигатель 1 посредством ременной передачи 2, червячного редуктора 3 и штоками 4, 5 приводит в возвратно-поступательное движение по вертикали стакан насоса 6 и магазин со слюдой 7, а через коническую 16 и цилиндрическую 15 передачи вращает транспортирующий диск 13 с установленными на нем механизмами.

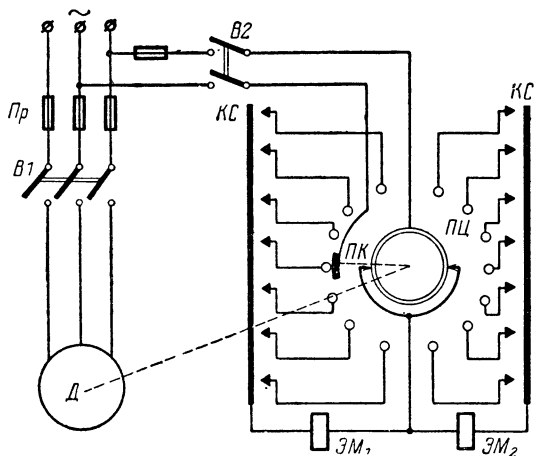


Рис. 4-3. Электрическая схема автомата сортировки слюды по толщине.

Пр — предохранитель; *В1*, *В2* — выключатели; *Д* — электродвигатель; *ЭМ1*, *ЭМ2* — электромагниты сортировки; *ПЦ* — переключатель цепей сортировки, вращающийся от электродвигателя; *ПК* — пружинный контакт; *КС* — контакты, замыкаемые измерительной стрелкой в зависимости от толщины слюды.

Слюда из магазина 7 посредством присоса 10 вынимается по одной пластинке. Два сортирующих гнезда 11 поочередно снимают слюдинки с присоса при помощи зажимов.

Тарированный груз 8 со стрелкой плавно опускается на измеряемую слюдяную пластинку 9. Чем тоньше слюдяная пластинка, тем больше прогиб пластинки и тем выше поднимается стрелка.

Колодка 12 с расположенными на ней эксцентриковыми конусами-ловителями надвигается на стрелку и зажимает ее между двумя конусами, тем самым фиксируя стрелку против одной из контактных пружинящих пластин, и соединяет ее с контактом, замыкающим цепь пи-

таний электромагнита сортировки 14. Электромагнит срабатывает, его сердечник, нажимая на захват, приподнимает его, и освобожденная слюдяная пластинка падает в ту или иную коробку сборника. Сборник, предназначенный для приема рассортированной по толщине слюды, состоит из отдельных коробок и укреплен на верхней плите автомата.

Транспортирующий диск, на котором расположены сортирующие гнезда и контактная система, расположен над верхней плитой и во время работы сверху закрыт кожухом.

Работа на автомате крайне проста. Перед началом каждой смены необходимо заполнить кассеты слюдой, включить пакетный выключатель электромагнита и пакетный выключатель электродвигателя. Автомат приведен в действие и уже сортирует слюду. Оператор может обслуживать больше 10 автоматов. Во время работы оператор должен следить за правильностью работы всех механизмов и, периодически останавливая автомат, заполнять кассеты слюдой и освобождать сборники от готовой, рассортированной по толщине, слюды.

Не реже двух раз в смену следует проверять качество рассортировки слюды на каждом автомате. Для проверки берут не менее 10 слюдинок из каждой приемной коробки сборника и проверяют толщину каждой слюдинки на ручном индикаторе. Индикатор должен иметь отсчет по шкале с точностью до 1 мк и предварительно настраивается с помощью щупов.

4-3. ПОДГОТОВКА СЛЮДЫ К СБОРКЕ

После сортировки по толщине слюда проходит перед сборкой ее в пакеты ряд подготовительных операций: промывку, прокаливание, разбраковку слюды по внешнему виду, укладку в магазины-кассеты. После этого слюда передается на операцию серебрения или на сборку пакетов фольговых конденсаторов.

Промывка предназначена для снятия со слюды случайных загрязнений и обезжиривания ее. Она проводится в 20%-ном аммиачном растворе с последующей промывкой слюды в дистиллированной воде и сушкой в термостате. После промывки иногда слюду подвергают прокаливанию в конвейерной печи при температуре 380—400°С в течение 40 мин. Далее слюда подвергается

разбраковке по внешнему виду на светоточке с целью выявления дефектов.

Разбраковка производится вручную на специальном световом приспособлении. Это приспособление представляет собой ящик с прямоугольным отверстием, внутри которого вмонтированы электрические лампочки. Отвер-

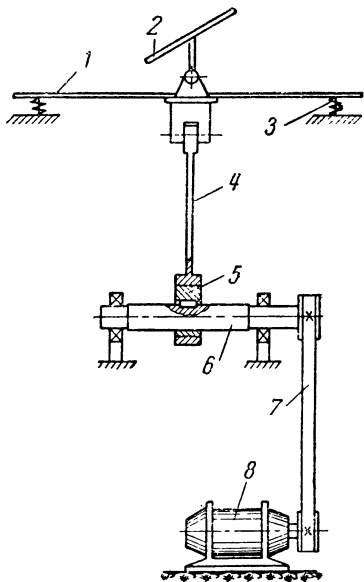


Рис. 4-4. Кинематическая схема установки для касетирования слюды.

стие ящика закрыто стеклом, покрытым черной краской. В середине зачерненного стекла сделан белый матовый светящийся прямоугольник. Перед началом работы разбраковщицы протирают поверхность стекла ватой, смоченной спирто-бензиновой смесью. Надевают резиновые напальчники на указательный и средний пальцы обеих рук и протирают их также спирто-бензиновой смесью. Спирто-бензиновая смесь состоит из 70% спирта-ректификата и 30% бензина Б-70.

При помощи пинцета часть слюды из тары выкладывается на поверхность стекла. Перебирая слюду пальцами, защищенными резиновыми напальчниками, работница просматривает каждую слюдинку на затемненной поверхности стекла с целью выявления и отбраковки слюдинок, имеющих трещины, надломы углов, краевые расслоения, проколы и другие механические повреждения, а также воздушные включения. Эти дефекты лучше всего видны на черной поверхности. Далее каждая слюдинка просматривается на светлой матовой части стекла. Здесь отбраковываются пластинки слюды с инородными включениями, пятнами минерального происхождения и с различными загрязнениями. Вся разбраковка слюды ведется по заранее утвержденным образцам.

Годная слюда передается на операцию укладки слюды в переносные магазины-кассеты. Операция укладки слюды в магазины-кассеты производится при помощи виброустановки, специально спроектированной для этой цели. Кинематическая схема установки приведена на рис. 4-4. Каждая установка используется только для одного размера слюды.

Установка для укладки слюды в кассеты смонтирована на столе. Виброплощадка 1 укреплена на столе при помощи пружин 3. На виброплощадке при помощи стойки с регулируемым шарниром укреплен лоток специальной формы 2. Виброплощадка 1 приводится в движение шатуном 4, соединенным с кулачком 5, насаженным на вал 6. Вал приводится во вращение от электродвигателя 8 при помощи ременной передачи 7. Виброплощадка перемещается в вертикальном направлении по направляющим шпилькам и прижимается к столу пружинами. Сжимая или разжимая пружины, можно регулировать амплитуду колебаний.

После включения электродвигателя подбирается амплитуда колебаний и лотку придается нужный наклон с помощью шарнира. Затем в лоток насыпают небольшими порциями (20—30 г) слюду, которая под воздействием колебаний движется «ручейком» по желобу и скопляется на его конце в виде стопок. Работница в конце желоба берет стопку (5—10 мм) ориентированной слюды пинцетом и переносит ее в кассету. Эта операция повторяется до полного заполнения переносной кассеты-магазина. Уложенная в кассеты-магазины слюда направляется либо на операцию серебрения, либо на операцию сборки пакетов фольговых конденсаторов.

4-4. СЕРЕБРЕНИЕ СЛЮДЫ

Основная масса слюдяных конденсаторов изготавливается из слюды, на которую нанесен металлический слой серебра, заменяющий собой обкладки конденсатора. Это позволяет избежать воздушных или, в лучшем случае, заполненных церезином зазоров между диэлектриком и обкладкой из фольги а, следовательно, и ряд недостатков, присущих конденсаторам с обкладками из фольги.

Указанные зазоры образуют некоторую емкость, включенную последовательно с основной емкостью слоев

диэлектрика и снижающую эффективное значение диэлектрической проницаемости диэлектрика в конденсаторе, которая после пропитки всегда несколько увеличивается, так как воздух в зазоре заменяется пропиточной массой — церезином, имеющим ϵ выше, чем у воздуха. Это приводит к появлению междуслойной поляризации и к увеличению остаточного заряда, а в области низких частот вызывает некоторую зависимость емкости от частоты. Потери энергии в конденсаторе при зазорах, заполненных церезином или воздухом, увеличиваются. Наличие зазоров приводит к значительным изменениям емкости при изменениях температуры из-за изменения их размеров. Эти изменения размеров зазоров могут быть остаточными и вызывать дополнительные остаточные изменения емкости. Перечисленных недостатков можно в значительной мере избежать, если использовать слои серебра, которые наносятся непосредственно на диэлектрик. Для металлизации применяется серебро, потому что оно устойчиво к окислению и имеет наименьшее удельное сопротивление. В производстве слюдяных конденсаторов серебро наносится на пластинки слюды обычно методом вакуумного испарения или методом вжигания. За последнее время, пожалуй, наибольшее распространение получил метод вакуумного испарения.

Вакуумное испарение серебра производится на различных по конструкции вакуумных установках. Наибольшее распространение в массовом производстве получили полуавтоматические вакуумные установки, внешний вид которых приведен на рис. 4-5.

Установка вакуумного серебрения состоит из следующих основных частей: камеры вакуумного испарения (одна или две), пульта управления и вакуумных насосов.

Подготовка установки к работе начинается с того, что за 20—30 мин до работы необходимо включить форвакуумный насос и открыть вакуумный вентиль выхлопа паромасляного насоса, соединив его с форвакуумным насосом. Включить подогрев паромасляного насоса и, открыв вентиль, пустить воду для охлаждения паромасляного насоса. Всасывающая линия паромасляного насоса и вентиль, соединяющий камеру серебрения с форвакуумным насосом, должны быть закрыты. Предварительная подготовка установки на этом заканчивается.

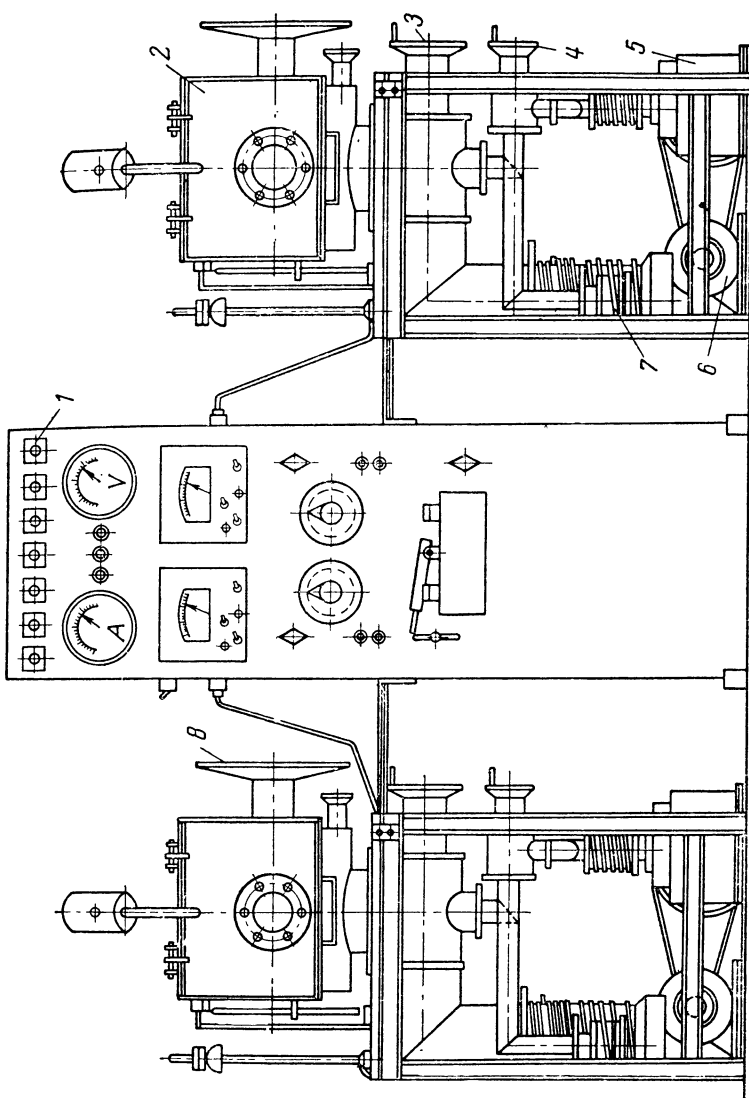


Рис. 4-5.

Общий вид полуавтоматической вакуумной установки серебрения слюды.

1 — пульт управления; 2 — камера вакуумного испарения с откидной крышкой; 3 — вентиль, соединяющий камеру испарения с форвакуумным насосом; 4 — вентиль, выхлоп паромасляного насоса; 5 — форвакуумный насос типа ВН-1; 6 — электродвигатель типа А-42/4; 7 — паромасляный насос типа БН-3; 8 — штурвал поворота рамок.

Далее следует подготовить к серебрению полученную в кассетах слюду. Кассеты со слюдой вставляются в вакуумный укладчик слюды, принцип работы которого заключается в изъятии слюды из кассет по одной штуке при помощи присоса и укладки ее в отдельные гнезда рамки. Общий вид укладчика слюды приведен на рис. 4-6. Нажатием на ножную педаль верхняя планка укладчика с расположенными на ней присосами в коли-

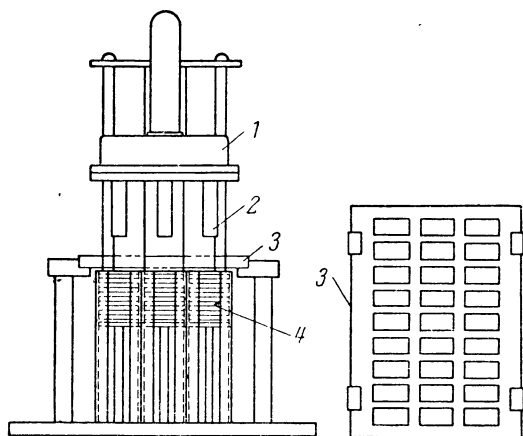


Рис. 4-6. Укладчик слюды в рамки.

1 — верхняя планка укладчика с присосами; 2 — присос; 3 — рамка; 4 — кассета со слюдой.

честве, равно отверстием в рамке для серебрения слюды, опускается в кассеты со слюдой до соприкосновения с последней. Слюда по одной из каждой кассеты присасывается соответствующим присосом и затем, при отпуске ножной педали, извлекается из кассет и вместе с планкой поднимается над столиком. На этот столик вдвигается по направляющим до упора нижняя часть рамки. Слюдинки с присосами опускаются до поверхности рамки, вакуум отключается, присосы поднимаются вверх, и слюдинки оказываются уложенными в соответствующие гнезда нижней части рамки. Нижняя часть рамки со слюдинками закрывается верхней частью рамки, и они соединяются между собой при помощи поворотных запоров. Затем таким же способом укладывается

слюда в следующие рамки. Когда будет уложена слюда во весь комплект рамок, необходимый для проведения цикла серебрения, рамки с уложенными в них пластинками слюды вставляются в держатели рамок (обычно по две рамки).

После этих операций приступают к загрузке вакуумной установки слюдой и металлическим серебром. Поднимается крышка камеры серебрения и на ленточный V-образный танталовый или молибденовый испаритель укладываются отрезки серебряной проволоки длиной 12—13 мм равномерно по всей его длине так, чтобы между отдельными отрезками серебра были зазоры порядка 3—10 мм. Это необходимо для того, чтобы избежать шунтирования испарителя и связанного с этим пережога при нагреве электрическим током. Отрезки серебра необходимой длины заготавливаются заранее на автоматических ножницах.

После закладки серебра приступают к установке держателей с рамками в механизм вращения рамок над испарителем. По окончании установки держателей следует проверить правильность и мягкость их поворота вращением по часовой стрелке штурвала, расположенного снаружи камеры.

Далее приступают к дальнейшей подготовке вакуумной установки к работе. Крышка камеры вакуумного испарения и спускной вентиль камеры закрываются, и включаются контрольные приборы для измерения вакуума на пульте управления. Закрывается выхлопной кран паромасляного насоса и открывается кран, соединяющий камеру серебрения с форвакуумным насосом. По достижении в камере серебрения вакуума 0,5 мм рт. ст. необходимо открыть выхлопной кран паромасляного насоса, а при вакууме $15 \cdot 10^{-2}$ мм рт. ст. кран, соединяющий камеру с форвакуумным насосом, закрывается и открывается кран на паромасляный насос. При вакууме $15 \cdot 10^{-3}$ мм рт. ст. можно приступать к серебрению. Для этого рубильником на щите управления вторичную обмотку накаливого трансформатора переключают на соответствующую правую или левую камеру серебрения. Включается в действие автоматическое реле времени. Кнопкой пускателя включается накал электрода и производится прогрев электрода в течение 2—4 сек. После отключения тока накала нажать кнопку повторно и по-

серебрить слюду с одной стороны первый раз при одном из положений штурвала. Время накала электрода при прогреве и при серебрении задается специальным реле времени, и отключение тока производится автоматически.

Далее следует посеребрить слюду при различных положениях штурвала. При каждом положении штурвала кнопка нажимается вновь.

Ориентировочный режим вакуумного серебрения: напряжение накала 10—14 в при молибденовом электроде, 10—16 в при танталовом электроде, ток накала 140—200 а, время выдержки 40 сек. Оптимальный режим вакуумного серебрения подбирается опытным путем.

После окончания вакуумного серебрения закрывается кран, соединяющий камеру с паромасляным насосом, выключается рубильник накала и открывается вентиль, соединяющий камеру с атмосферой. Вентиль открывается не раньше чем через 5—10 сек после окончания цикла серебрения во избежание сокращения срока службы испарителя и ухудшения качества серебрения слюды. Когда давление в камере будет равно атмосферному, крышка камеры открывается, держатели рамок с посеребренной слюдой вынимаются и весь процесс повторяется на втором барабане, с заранее поставленным комплектом держателей и уложенными в них рамками со слюдой.

Держатели с рамками сереброной слюды передаются на разборку и повторную загрузку их следующей порцией слюды. Посеребренная слюда передается на термотренировку.

По окончании работы на установке выключаются все приборы контроля на пульте управления и подогрев паромасляного насоса. Выхлоп паромасляного насоса должен быть открыт на форвакуумный насос, который должен работать еще 40—50 мин до охлаждения паромасляного насоса до 70—80° С, после чего кран выхлопа закрывается и форвакуумный насос выключается. Следует заметить, что установленные режимы и порядок технологической операции должны строго соблюдаться, так как от качества серебрения слюды в большой мере зависит качество и надежность готового конденсатора.

Производить серебрение надо только на качественных рамках, так как от дефектов рамок получаются не-

допустимые дефекты серебряной слюды. Например, за счет неплотного прилегания верхней и нижней частей рамок получаются расплывчатые кромки краев серебряной поверхности. При некомплектной или неисправной рамке может получиться смещение серебряного слоя. Перекос серебряного слоя может также произойти из-за неправильной укладки слюды. По этой же причине могут наблюдаться замины края слюды. При недостаточном покрытии слюды слоем серебра наблюдаются просветы серебряного слоя при рассмотрении серебряной слюдинки на свет, что совершенно не допускается. Также совершенно не допускается разрыв слюды в местах воздушных включений, который может произойти под воздействием вакуума и температуры. Не допускаются царапины, отсекающие часть серебряного слоя, механические повреждения слюды в виде трещин и отлома углов. Слюдяные пластинки с перечисленными дефектами для сборки пакетов конденсаторов непригодны.

Слюду, имеющую недостаточную толщину серебряного слоя, следует направлять на повторное серебрение. Толщина слоя определяется при рассмотрении серебряных слюдинок на свет и более точно при помощи анализа, производимого в химической лаборатории. Причиной недостаточной толщины серебряного слоя может быть заплавление испарителя серебром из-за преждевременного сброса вакуума, из-за укладки недостаточного количества серебра на испаритель. Этот же дефект может получаться при нарушении режимов времени выдержки и вакуума.

Серебряный слой на слюду можно наносить и другим методом — методом вжигания. Метод вжигания заключается в следующем: на слюду наносится, обычно с помощью пульверизатора, специальная паста, содержащая мелкодисперсное серебро или его соединения и органическую связку, затем слюдинка с нанесенным слоем пасты нагревается до высокой температуры, достаточной для выгорания связки и образования слоя серебра, крепко сцепленного со слюдой.

Паста для серебрения может быть различных составов. Наиболее распространенный состав пасты: углекислого серебра AgCO_3 от 35 до 40%, канифольного лака от 65 до 60%, окиси висмута Bi_2O от 0,4 до 0,5% от веса пасты.

Пасту следует приготавливать очень тщательно, так как от ее качества в значительной мере зависит качество серебрения слюды готовых конденсаторов. Прежде всего получают углекислое серебро в результате химической реакции азотнокислого серебра и углекислого аммония. Предварительно азотнокислое серебро и углекислый аммоний порознь растворяют в дистиллированной воде из расчета первого 75 г на 100 мл воды, а второго 85 г на 100 мл воды. После полного растворения раствор углекислого аммония осторожно, по стеклянной палочке медленно приливается к раствору азотнокислого серебра.

При реакции, которая происходит бурно и при сильном вспенивании, выпадает светло-желтый осадок углекислого серебра. При помощи воронки Бюхнера под вакуумом отсасывается раствор, а оставшийся осадок углекислого серебра промывается дистиллированной водой до полного исчезновения щелочной реакции в промывной воде. Далее осадок углекислого серебра сушат в термостате в течение 24 ч при температуре 25—30° С. Содержание влаги в сухом осадке должно быть не более 0,5%. Сухое углекислое серебро готово для приготовления пасты. Хранить углекислое серебро надо обязательно в темной стеклянной банке с притертой пробкой и не более 2—3 дней, так как оно легко разлагается на окись серебра и углекислый газ, особенно под воздействием света.

Канифольный лак (50%-ный раствор канифоли в скипидаре) приготавливается путем растворения порошка канифоли, просеянного через тонкое сито, в скипидаре при подогреве до 70—80° С и при перемешивании. Удельный вес лака должен быть порядка 0,93—0,935 г/см³. Окись висмута добавляют в пасту для лучшего сцепления слоя серебра со слюдой.

Для приготовления пасты в фарфоровый барабан емкостью 4 л загружают 1,666 кг углекислого серебра, столько же по весу гальки, которая перемешивает и измельчает пасту, 2,33 кг канифольного лака и 16,7 г окиси висмута. Барабан помещается на шаровую мельницу, где он вращается со скоростью 25—40 об/мин. Перемешивание пасты производится в течение 48—58 ч. Вязкость пасты подбирается экспериментально и контролируется по вискозиметру.

При ручном способе серебрения паста наносится на слюду, предварительно помещенную в маскировочные рамки, при помощи пульверизатора. Маскировочная металлическая рамка (рис. 4-6) с помещенной в нее слюдой устанавливается на подставке в кабине, снабженной вытяжной вентиляцией. Паста заливается в бачок пульверизатора. Устройство пульверизатора аналогично приведенному на рис. 4-21. Расстояние от входного отверстия пульверизатора до поверхности слюды должно быть порядка 120—150 мм, диаметр пятна пасты на рамке при этом должен быть порядка 25 мм. Пульверизацию слюды пастой производят с двух сторон. Эту операцию повторяют дважды. Затем слюду, покрытую с двух сторон пастой, при помощи пинцета осторожно вынимают из рамки и вставляют под углом между проволоок движущейся сетки-ленты конвейерной печи для вжигания серебра. На выходе печи установлено вентиляционное устройство. Печь имеет автоматическую регулировку температуры. Температура в печи сначала повышается до середины ее длины, а затем понижается. Максимальная температура должна быть порядка 480—490° С (иногда до 540° С).

При прохождении через печь все органические вещества, находящиеся в пасте, выгорают или улетучиваются, и поверхность слюды оказывается покрытой ровным слоем металлического серебра, прочно сцепленного со слюдой.

Слой серебра, нанесенный на слюду методом вжигания, имеет матовую беловатую поверхность в отличие от зеркальной поверхности, получаемой при нанесении слоя серебра методом вакуумного испарения.

При использовании метода вжигания толщина слоя серебра достигает 2—2,5 мк, что несколько выше, чем при испарении серебра в вакууме. Слой вожженного серебра не должен иметь расплывчатых углов и затеков, которые могут иметь место в результате неплотного прилегания обеих частей рамки, царапин, следов сетки конвейера и других дефектов.

Для серебрения методом вжигания больших количеств слюдинок в массовом производстве используют полуавтоматы, конструкции которых несколько отличаются друг от друга, но принципиальные узлы остаются почти одни и те же. Рассмотрим принцип действия одно-

го из полуавтоматов для серебрения слюды методом вжигания, схема которого приведена на рис. 4-7.

Пластинки слюды укладываются вручную при помощи вакуумного присоса на движущуюся металлическую ленту 2 с окошечками для серебрения. При движении лента 2 подходит к такой же металлической ленте 1, которая сверху закрывает слюду. На участке пульверизации при помощи нажимных роликов 4 обе металлические ленты вместе со слюдой, находящейся между ними,

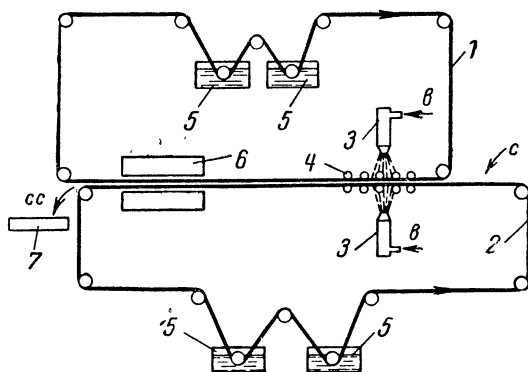


Рис. 4-7. Схема полуавтомата серебрения слюды методом вжигания.

сжимаются, плотно прилегая друг к другу. Паста при помощи двух пульверизаторов 3, работающих на сжатом воздухе, наносится сразу на обе стороны (поверхности) слюды, которые не защищены окошечками ленты. От места нанесения пасты до входа лент в печь паста несколько подсушивается, а в самой печи 6 происходит вжигание серебра. Температура печи выдерживается такой же, как и при ручном способе серебрения. По выходе из печи серебренная слюда (СС) сбрасывается в приемную тару 7, а металлические ленты при своем дальнейшем движении попадают в ванны с растворителем 5, где проходят очистку от пасты. Верхняя и нижняя ленты проходят на своем пути очистку дважды.

Посеребренная слюда перед сборкой обычно подвергается температурной тренировке для снятия внутренних напряжений между поверхностью слюды и металличе-

ским слоем. Для этого посеребренную слюду, уложенную в противень, помещают в термостат, где в течение получаса температуру поднимают до 200°C и выдерживают слюду 30 мин при этой температуре. Затем температуру понижают до 60°C . Термостат может быть легко заменен конвейерной печью соответствующей конструкции.

Перед сборкой в пакеты серебряная слюда должна обязательно проверяться на электрическую прочность на соответствующих автоматах. Каждый автомат предназначен для проверки слюды только одного размера. Кинематическая схема автомата приведена на рис. 4-8, а электрическая схема — на рис. 4-9.

Основные узлы автомата следующие: выпрямительное устройство, механизм питания, механизм присоса, механизм захвата и сброса слюды и привод.

Выпрямительное устройство смонтировано на передней открывающейся дверце автомата. На этой же дверце расположен пульт управления автоматом. Выпрямительное устройство представляет собой высоковольтную пробойную установку на 2 кв, собранную на селеновых выпрямительных столбиках по схеме удвоения напряжения, и служит для подачи на серебреную слюду испытательного напряжения постоянного тока. Нужное испы-

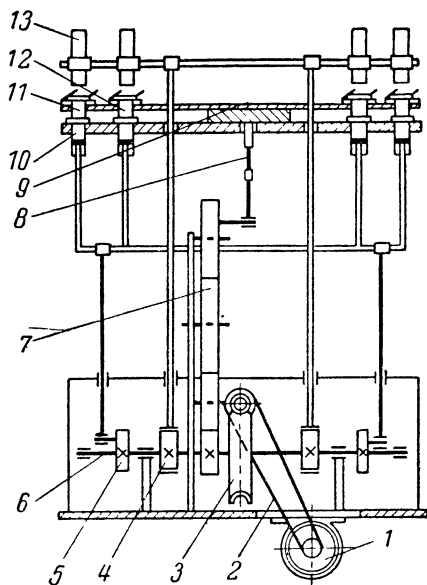


Рис. 4-8. Кинематическая схема автомата проверки электрической прочности серебряной слюды.

1 — электродвигатель; 2 — ременная передача; 3 — червячная передача; 4 — кулачок, поднимающий и опускающий кассеты со слюдой; 5 — кулачок, приводящий в действие четыре присоса; 6 — основной вал редуктора автомата; 7 — шестеренчатая передача, осуществляющая через рычаг возвратно-поступательное движение планки с захватами слюды; 8 — рычаг; 9 — планка с захватами слюды; 10 — основная плита автомата, к которой крепятся все узлы; 11 — присос; 12 — захват; 13 — кассета с серебренной слюдой.

тательное напряжение устанавливается по стрелочному прибору при помощи автотрансформатора.

Напряжение с выпрямителя подается на шины распределительного устройства, расположенного на верхней плите автомата. С контактных шин напряжение подается на захваты слюды. В цепь каждой слюдинки последова-

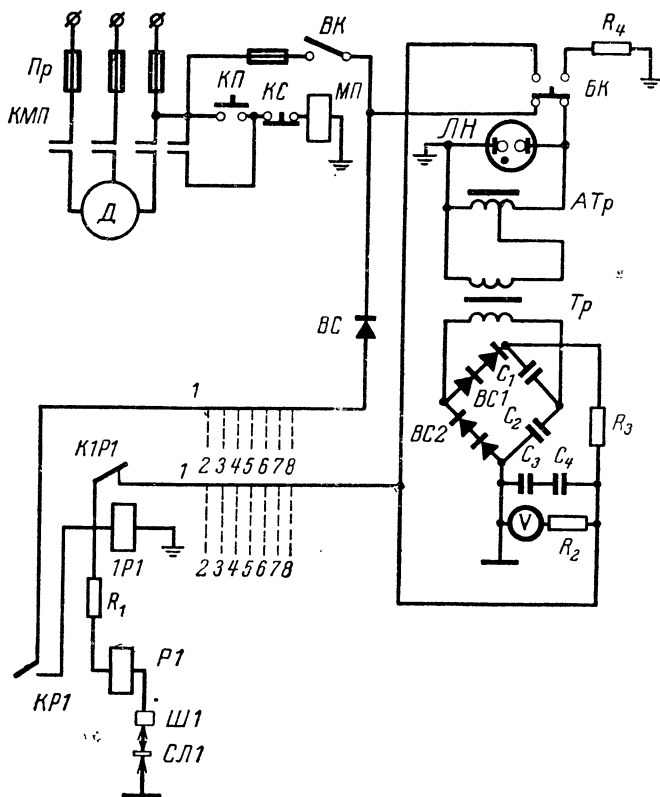


Рис. 4-9. Электрическая схема автомата проверки серебряной слюды по электрической прочности.

Д — электродвигатель типа АОЛ 12-4; ВС, ВС1, ВС2 — выпрямители селеновые; IP1 — реле электромагнитное типа МКУ-48; P1 — реле электромагнитное типа РКМ; KPI, KIP1 — контакты реле P1 и IP1; АТр — автотрансформатор типа ЛАТР-2; Тр — трансформатор повышающий 220/2 000 в; МП — магнитный пускатель; КМП — контакты магнитного пускателя; R1 — ограничивающее сопротивление; R2, R3, R4 — сопротивления; C1, C2, C3, C4 — конденсаторы; КП, КС — кнопки «пуск» и «стоп»; БК — кнопка блокировочная; ВК — выключатель; V — вольтметр; Ш1 — токосъемная шина; СЛ1 — слюдинка; 2, 3, 4...8 — цепи, аналогичные первой цепи испытания.

тельно включены реле, управляющие силовыми реле, которые перебрасывают в нужное положение перекидные заслонки сортирующего устройства.

Механизм питания представляет собой четыре спаренные кассеты, в которые закладывается слюда, подлежащая разбраковке. Эти кассеты приводятся в возвратно-поступательное движение от редуктора.

Механизм присоса слюды представляет собой четыре спаренных вакуумных насоса с присосками, каждая из которых захватывает слюдинку из соответствующей кассеты и затем передает ее механизму захвата. Механизм присоса приводится в движение от того же редуктора.

Механизм захвата и сброса слюды представляет собой восемь спаренных захватов типа пинцет, расположенных по четыре на противоположных сторонах подвижного стола, который приводится в возвратно-поступательное движение редуктором автомата. Четыре захвата одновременно захватывают слюдинки с четырех присосов, подводят к ним напряжение и перемещают за 1 сек к сортирующему устройству, где их и сбрасывают. За это время происходит испытание слюды, и в случае обнаружения дефекта слюды срабатывает реле, перекидная заслонка сортирующего устройства перебрасывается в положение «брак», и слюдинка попадает в отсек «брак» ящичка, расположенного сбоку автомата. Когда описанные четыре захвата встают над сортирующими заслонками, четыре других подходят к присоскам и захватывают снова четыре слюдинки. Так попеременно все восемь захватов автомата находятся в работе.

Производительность автомата около 100 000 слюдинок в смену.

Работа на автомате крайне проста, и один оператор может обслуживать 6—10 автоматов.

На операцию проверки серебряной слюды по электрической прочности слюда поступает уложенной в специальные кассеты-магазины слюды. Укладка серебряной слюды в эти кассеты осуществляется на вибрационных установках (§ 4-3).

Серебряная слюда из кассеты-магазина вынимается пинцетом и небольшими пачками, высотой 10—12 мм, аккуратно вставляется в кассеты автомата до удерживающих нижних выступов. Все четыре кассеты автомата загружаются таким образом до заполнения.

После заполнения кассет включается выпрямитель, подающий напряжение на захваты слюды автомата. Вращением ручки автотрансформатора устанавливается по вольтметру необходимое напряжение. Величина испытательного напряжения зависит от толщины проверяемой слюды и рабочего напряжения конденсатора, который будет изготовлен из этой слюды. Обычно оно выбирается в пределах от $2U_{\text{раб}}$ до $3U_{\text{раб}}$.

После установки необходимого испытательного напряжения включается электродвигатель автомата. Автомат запущен в работу. Во время работы по мере изнашивания слюды следует останавливать автомат и добавлять порции слюды во все кассеты. Во время работы автомата следует внимательно следить за взаимодействием основных узлов: присосов, захватывающих механизмов, кассет, перекидных заслонок и т. д. Нормально отрегулированный автомат не должен царапать серебряный слой, ломать слюду и пробрасывать ее мимо приемного бункера. Проверенная по электрической прочности серебряная слюда собирается в четырех выдвижных ящиках, расположенных в боковых стенках автомата, которые перегородками разделены на две неравные части. В большем отделении ящика собирается годная слюда, а в меньшем — слюда, не выдержавшая испытания электрической прочности.

После проверки слюда вынимается из ящиков и направляется на сборку пакетов, предварительно пройдя операцию кассетирования на вибрационных установках.

4-5. СБОРКА ПАКЕТОВ КОНДЕНСАТОРОВ

Сборка пакетов является одной из основных технологических операций изготовления слюдяных конденсаторов, так как она в большой степени определяет качество готовых конденсаторов.

Сборка пакетов производится согласно чертежам и принятым схемам сборки и заключается в наборе определенной комбинации пластинок слюды и фольговых обкладок (фольговые конденсаторы) или комбинации пластинок серебряной слюды с фольговыми выводами (конденсаторы с серебряной слюдой), обеспечивающей выпуск конденсаторов заданной номинальной емкости. В схеме сборки указывается количество и толщина слю-

дьяных пластинок, количество фольговых обкладок или выводов. Эти схемы составляются на основе расчетов и практической проверки сборки с учетом влияния на емкость пакета последующих операций подпрессовки пакета, обжаривания в обжимке, опрессовки в пластмассу, пропитки и тренировки.

Влияние перечисленных технологических операций затрудняет выпуск конденсаторов точно определенной

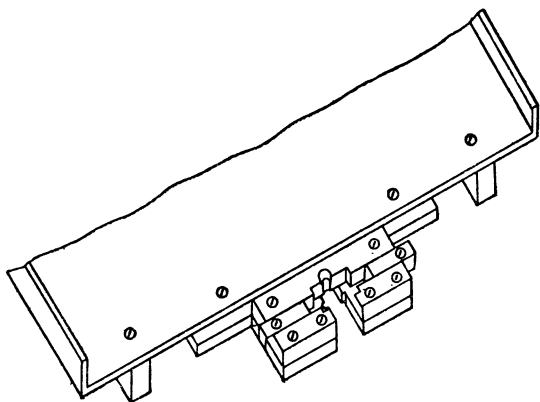


Рис. 4-10. Приспособление для ручной сборки пакетов.

заданной номинальной емкости. Кроме этого, на отклонения емкости пакета от номинальной значительно влияют следующие причины: неточное измерение толщины слюдяных пластин, неточное соблюдение размера фольговых обкладок, которое приводит к изменению активной площади пакетов с несеребряной слюдой, разнотолщинность каждой слюдинки, колебание значений диэлектрической проницаемости у разных партий слюды, наличие воздушных включений в слюде и т. д.

До недавнего времени сборка пакетов производилась вручную при помощи простого приспособления. Это приспособление (рис. 4-10) состоит из гнезда для сборки, в которое руками укладываются пластинки слюды и фольговые обкладки (или выводы) в определенном порядке, указанном схемой сборки, и лотка для размещения фольговых выводов или обкладок и слюдинок.

Справа от приспособления на рабочем месте располагается чистый лист бумаги, приспособление для проверки пакета на замыкание и ванночка с расплавленным церезином.

Собранный пакет через специальную прорезь в гнезде вынимается с помощью пинцета из сборочного приспособления, фольга руками загибается на слюду, пакет проверяется на замыкание и в случае его отсутствия опускается в расплавленной церезин. Скрепленный церезином годный пакет укладывается на чистый лист бумаги.

Вручную подобным образом в настоящее время собираются только небольшие партии конденсаторов. Подавляющее количество пакетов слюдяных конденсаторов собирается при помощи полуавтоматов.

Полуавтомат сборки (рис. 4-11) предназначен для сборки стабильных пакетов слюдяных конденсаторов типа КСО. Некоторые изменения размеров рабочих узлов полуавтомата позволяют ему собирать как фольговые конденсаторы, так и конденсаторы типа КСО с серебряной слюдой всех габаритов и конденсаторы типа КСОТ, КСГ, ССГ, СГМ, СГМЗ.

Станиной полуавтомата является сварной каркас, выполненный из стального уголка. На каркасе укреплены верхняя и нижняя стальные плиты, на которых расположены все узлы полуавтомата. Кинематическая схема автомата приведена на рис. 4-12.

От электродвигателя через ременную передачу и червячную пару вращение передается на вал, на котором расположены кулачки поворота и подъема штока укладчика фольги и слюды, подачи и резки фольги, кулачок поворота столов с гнездами для сборки, кулачок вакуумного распределителя присосов вакуумного укладчика слюды и фольги.

Укладчик слюды и фольги устроен следующим образом: на штоке, совершающем подъем и опускание, а также поворот на 90° и возврат, укреплен крестовина с четырьмя вакуумными присосами. Два присоса служат для переноса слюды из кассет питателя в гнезда столов сборки, другие два присоса — для переноса фольговых выводов от ножа резки фольги из рулона в те же гнезда. Присосы соединены с вакуумной магистралью через распределитель.

Разнесение разноименных выводов пакета осуществляется радиальным перемещением вакуумных присосов фольги механизмом смещения фольги.

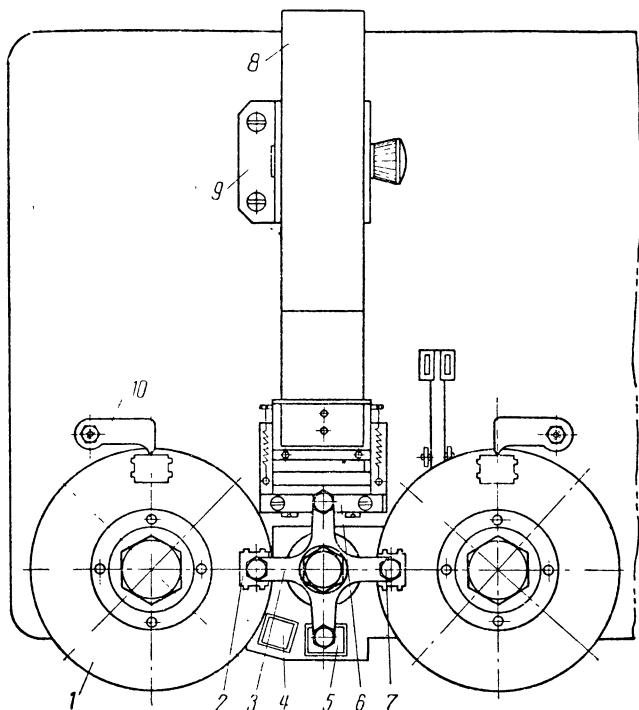


Рис. 4-11. Полуавтомат сборки пакетов конденсаторов (вид сверху).

1 — стол с гнездами для сборки; 2 — гнездо для сборки пакета; 3 — укладчик слюды и фольги с четырьмя присосами; 4 — кассета с защитной слюдой; 5 — кассета со слюдой-диэлектриком; 6 — механизм подачи и отрезки фольги; 7 — присос; 8 — рулон фольги; 9 — устройство для закрепления рулона фольги; 10 — собачка.

Сборка пакетов производится одновременно в гнездах двух столов. После сборки каждого пакета столы с гнездами для сборки поворачиваются, устанавливая под сборку следующие гнезда.

Перед поворотом стола питатель, состоящий из двух кассет, перемещает кассету со слюдой-диэлектриком

в сторону и на ее место под присосы ставит кассету с защитной слюдой.

Переключение питателя с одной кассеты на другую осуществляется от кулачка, расположенного на одной оси со счетчиком. Счетчик считает количество уложенных фольговых выводов. За один оборот кулачкового

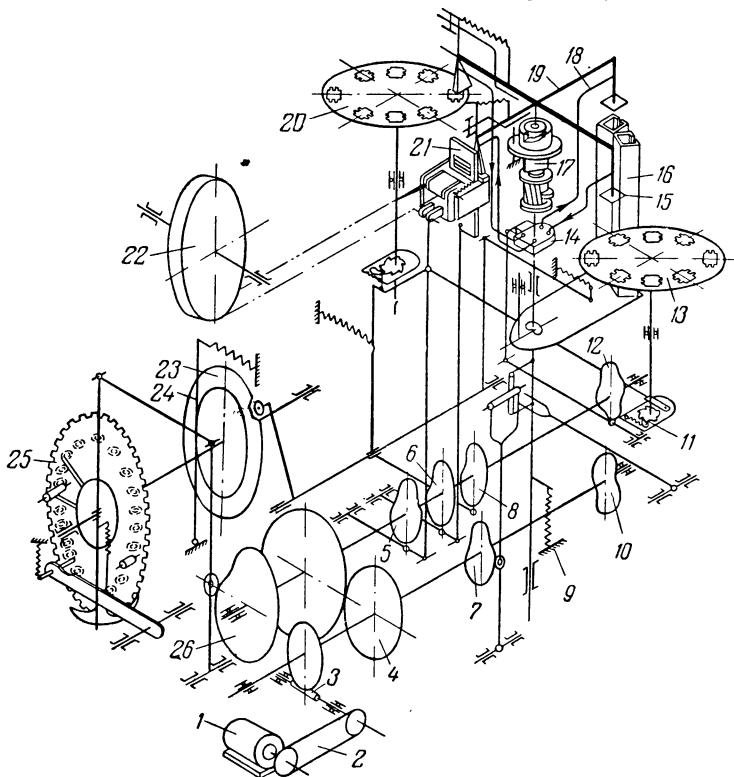


Рис. 4-12. Кинематическая схема автомата сборки пакетов конденсаторов.

1 — электродвигатель; 2 — ременная передача; 3 — червячная передача; 4 — шестеренчатая передача; 5 — кулачок подачи фольги; 6 — кулачок резки фольги; 7 — кулачок поворота укладчика фольги и слюды; 8 — кулачок поворота стола сборки; 9 — пружина возврата штока укладчика; 10 — кулачок подъема штока; 11 — храповой механизм поворота стола; 12 — кулачок вакуумного распределителя; 13 — поворотный сборочный стол; 14 — плита вакуумного распределителя; 15 — вакуумный присос для укладки слюды; 16 — кассета со слюдой; 17 — механизм смещения фольги; 18 — трубки вакуумного распределителя; 19 — крестовина укладчика фольги и слюды; 20 — вакуумный присос для укладки фольги; 21 — узел резки и подачи фольги; 22 — рулон фольги; 23 — кулачок поворота питателя с кассетами слюды; 24 — рычаг тормоза; 25 — механизм счетный; 26 — кулачок счетного механизма.

вала укладываются две фольги и две слюдинки (по одной в два гнезда, расположенные на двух дисках).

На счетном диске сделаны отверстия с цифрами, указывающими количество собранных выводов. Заданное количество выводов устанавливается с помощью винта, вставленного в то или иное отверстие счетчика.

Производительность полуавтомата в зависимости от вида пакета и от количества слюдин в пакете 1 300—3 000 пакетов за 7 ч работы при коэффициенте использования 0,85.

Перед работой следует подготовить полуавтомат и уложить слюда-диэлектрик в одну кассету полуавтомата, а защитную слюда в другую. Для сборки пакетов фольговых конденсаторов типа КСО употребляется несеребряная слюда-диэлектрик марки СВЧ. Для сборки пакетов употребляется серебряная слюда различных марок (ГОСТ 7134-57) в зависимости от типа конденсатора. Затем следует установить рулон фольги на барабан полуавтомата, пропустив конец ленты через направляющий валик и режущий нож. Для пакетов конденсаторов типа КСО применяется медная фольга, для СГМ, СГМЗ — медная луженая фольга, а для КСГ и ССГ — свинцово-оловянная фольга. Когда уложена слюда и заправлена фольга, следует счетчик настроить на укладку определенного числа пластинок слюды, соответствующего собираемой емкости пакета. За 20—30 мин до работы следует включать электрический подогрев ванночки с церезином, которая располагается справа от сборщицы на столе полуавтомата.

Проделав такую предварительную настройку, можно включить полуавтомат и тщательно проследить за правильностью работы всех узлов автомата: присосов, ножей, кассет, счетчика и т. д. После окончания сборки пакетов и поворота обоих столов собранные пакеты следует поочередно извлечь пинцетом из гнезд. Держа пакет пинцетом, пальцами левой руки загнуть фольгу на защитную слюда пакета и проверить пакет на замыкание, подключив его к пробнику, который расположен на верхней плите полуавтомата.

При отсутствии замыкания пакет нужно обмакнуть в ванночку с церезином, расположенную на верхней плите справа от оператора, и положить на чистый белый лист бумаги. Во время работы автомата необходимо

следить за кассетами питателя по мере расхода слюды поднимать ее кверху при помощи специального толкателя, расположенного снизу кассеты, а также следить за катушкой фольги, распуская ее по мере расхода.

Один раз в неделю необходимо производить продувку вакуумного распределителя и всех присосов. Для этого необходимо отсоединить четыре резиновые трубки, соединяющие присосы с распределителем, и отсоединить шланг, соединяющий распределитель с вакуумной системой. Затем к распределителю подводится шланг со сжатым воздухом и полуавтомат включается на некоторое время (1—2 мин), в течение которого происходит продувка распределителя. После этого полуавтомат выключается и производится продувка каждого из присосов.

4.6. ПОДПРЕССОВКА ПАКЕТОВ И ПОДГОНКА ЕМКОСТИ

Собранные на полуавтоматах пакеты слюдяных конденсаторов перед обжатием в обжимке проходят операцию подпрессовки пакетов. Эта операция необходима для того, чтобы: а) удалить излишний церезин из пакета после того, как он побывал в ванночке с расплавленным церезином; б) по возможности распределить церезин внутри пакета более равномерно и вытеснить из пакета оставшийся между слоями воздух; в) спрессовать пакет, т. е. сблизить между собой, как это только возможно, пластинки диэлектрика и обкладки или вывода; г) придать пакету большую механическую прочность и влагостойкость при совершении последующих операций.

Эта операция осуществляется на обычном пневматическом прессе мощностью 20 т с электроподогревом плит пресса. Пакеты конденсаторов поступают на эту операцию предварительно уложенными во время сборки на чистые листы бумаги. Бумага, на которую укладываются пакеты, должна хорошо впитывать церезин.

На своем рабочем столе подпрессовщик укладывает 3—4 слоя байковых прокладок, на которые помещает лист бумаги с пакетами конденсаторов. Сверху снова кладется байковая прокладка, на которую помещается следующий лист бумаги с пакетами, и так укладывается 5—8 листов бумаги с пакетами (в зависимости от их типа и толщины). Поверх последнего листа с пакетами укладывается опять 3—4 слоя прокладок.

Собранная таким образом пачка пакетов при помощи деревянной лопатки помещается на нижнюю, предварительно подогретую плиту пресса. Температура плит пресса 110—130°С. Она устанавливается и контролируется терморегулятором.

После укладки собранной пачки листов с пакетами на нижнюю плиту пресса она плавно поднимается до соприкосновения с верхней плитой пресса. В таком положении пакеты прогреваются 12—20 мин в зависимости от типа и толщины пакета. Затем давление плавно доводится до 15—18 т (около 30 кг/см²) и выдерживается 20—30 мин. Во время подогрева пакетов и выдержки их под давлением подготавливается вторая пачка листов с пакетами. Подпрессованные пакеты вынимаются из пресса, для чего предварительно снимается давление и нижняя плита пресса опускается, и через 15—20 мин, в течение которых пакеты частично охладятся, начинается разборка пачки. Листы бумаги с подпрессованными пакетами укладываются в чистую тару и передаются на следующую операцию. Байковые прокладки используются повторно в течение примерно 15—25 ч работы, после чего по мере снижения впитывающей способности заменяются новыми.

При изготовлении конденсаторов с малым допустимым процентом отклонения емкости от номинальной ($\pm 0,3$; $\pm 0,5$; $\pm 2\%$, а иногда и $\pm 5\%$) часто приходится производить подгонку емкости пакетов.

Емкость пакета замеряется на приборе, и в зависимости от ее значения производится либо корректировка числа пластинок слюды в пакете, либо счищается некоторая часть серебра с поверхности одной слюдинки, либо делается то и другое. Перечисленные операции производятся в зависимости от емкости подгоняемого пакета и той точности подгонки, которую необходимо обеспечить.

Подгонка пакетов по емкости производится на приборах для измерений емкости, например СВ-151, ИЕ-2 и подобных. Эта подгонка осуществляется на приспособлениях, представляющих собой контактную колодку, подключаемую к измерительным клеммам прибора, с прижимной планкой. Размеры контактов и прижимной планки делаются в соответствии с габаритом пакета.

Перед работой измерительный прибор вместе с приспособлением настраивается, как это указано в § 4-19.

Пакет, подлежащий подгонке, кладется на медные контактные пластины приспособления так, чтобы фольговые выводы были внизу и касались контактов, и прижимается планкой. Прижимная планка связана тягой с ножной педалью. Определяется действительная величина емкости пакета и сравнивается с допускаемой величиной по специальным, заранее составленным таблицам подгонки емкости пакетов. Так, например, емкость пакетов для конденсаторов типа КСГ-1 номинальной емкости 100 *нф* с допуском $\pm 2\%$ должна лежать в пределах от 97,5 до 98,3 *нф*.

Если емкость пакета больше максимально установленной величины, то следует осторожно специальным ножичком счистить часть слоя серебра с верхней слюдинки до получения необходимой величины емкости. Счищать слой серебра надо с одного угла площади серебрения таким образом, чтобы на поверхности слюды не оставалось островков серебряного слоя и царапин. Лишняя зачистки должна быть по возможности ровной.

Подогнанные пакеты передаются на операцию обжати-
тия в обжимки.

В случае недостаточной емкости пакета следует добавить слюду и фольговые выводы до получения заданной емкости. После добавления слюды и выводов пакет опускается в церезин и отправляется на повторную подпрессовку, после чего снова подгоняется.

4-7. ОБЖАТИЕ ПАКЕТОВ

Для создания надежного контакта и для повышения стабильности емкости в готовом конденсаторе, а также для создания механической прочности конструкции пакеты слюдяных конденсаторов обжимаются с двух противоположных сторон медными или латунными обжимками. Конструкции обжимок могут быть разными в зависимости от типа конденсатора (рис. 1-4).

Обжатие пакетов производится на прессах с ручным или ножным приводом и на полуавтоматах в зависимости от типа пакета и массовости производства. На прессе устанавливается обжимочное приспособление, состоящее из пуансона и матрицы, соответствующих по размерам обжимаемому пакету.

На неподвижную матрицу, укрепленную на основании пресса, укладываются друг против друга две обжим-

ки, фиксирующиеся упорами. В обжимки укладывается пакет загнутыми концами выводов вниз к обжимкам. Сверху пакета кладется защитная прокладка в случае отсутствия ее в пакете, а для конденсаторов типа ССГ укладываются гетинаксовые прокладки (рис. 1-5).

После этого приводится в движение пуансон, который резким движением входит в матрицу и обжимает

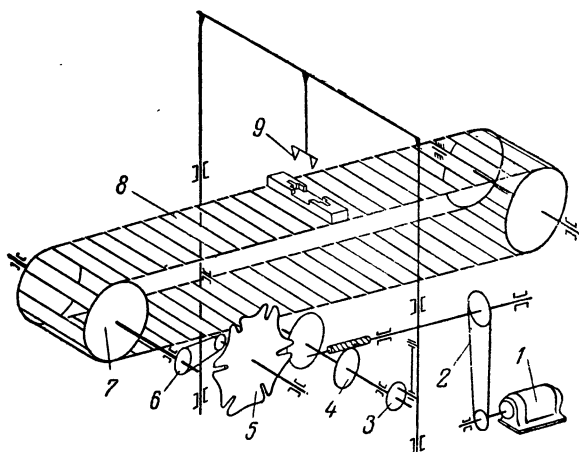


Рис. 4-13. Кинематическая схема полуавтомата обжатия пакетов конденсаторов.

1 — электродвигатель; 2 — ременная передача; 3 — механизм подъема пуансона обжатия; 4 — червячная передача; 5 — мальтийский механизм; 6 — цепная передача; 7 — звездочка цепного транспортера; 8 — гнезда для укладки пакетов и обжимок; 9 — обжимающий пуансон.

пакет. Обжатый пакет за выводы вынимается из матрицы.

Обжатие конденсаторов КСГ-2 производится несколько иначе: обжимки надеваются на пакет, который кладется в матрицу и обжимается.

Большинство пакетов конденсаторов КСО, СГМ и других обжимается на специально созданных для этой цели полуавтоматах. Устройство полуавтомата и его работа легко уясняются из кинематической схемы (рис. 4-13).

Работа на полуавтомате очень проста. Оператор сидит у торца цепного конвейера,двигающегося прерывисто, на котором укреплено некоторое количество матриц, ко-

личество которых определяется габаритами обжимаемых пакетов. Перед оператором расположен столик с вырезом для продвижения матриц. Справа и слева от выреза на столике располагаются пакеты и обжимки. При приходе свободной матрицы оператор кладет две обжимки в соответствующие углубления и на них укладывается пакет конденсатора загнутыми концами фольговых выводов вниз. При обжатиі пакетов стабильных конденсаторов, подогнанных по емкости, поверх пакета дополнительно укладывается защитная слюда. Матрица продвигается дальше и на ее место встает следующая, свободная матрица, в которую в такой же последовательности производится укладка следующего пакета. Матрица при своем продвижении подходит под пуансон, который автоматически опускается и обжимает пакет. В конце конвейера обжатый пакет из матрицы выталкивается и по лотку направляется в ящик.

После обжатиі пакетов конденсаторов КСГ-1, КСГ-2 и ССГ в обжимки фольговые выводы привариваются к обжимке односторонней точечной сваркой. Это делается для более надежного контакта между обжимками и выводами. Операция сварки обжимок с фольговыми выводами производится на аппарате точечной сварки. Аппарат позволяет осуществлять сжатие пакета и включение сварочного тока с помощью ножного pedalного механизма. При отсутствии на сварочном аппарате реле времени оператор должен сам на основании практического опыта выбирать и выдерживать нужное время для прохождения сварочного тока, которое колеблется в пределах от 0,1 до 0,2 сек. Выключается сварочный ток при ослаблении нажима на ножную педаль. Если время будет больше необходимого, то может наблюдаться прожог обжимки или слишком сильное сплавление фольги.

Свариваемый пакет укладывается на нижний неподвижный электрод так, чтобы подогнутая под обжимку фольга была обращена к верхнему электроду. Затем при нажиме на ножную педаль осуществляется сжатие свариваемых деталей, и при дальнейшем увеличении нажима на педаль дается импульс сварочного тока, который и сваривает фольгу с обжимкой.

Физическая сущность этого процесса заключается в следующем: импульс тока, протекая через электрод,

обжимку, фольгу и второй электрод, в месте соприкосновения обжимки и фольги вызывает интенсивный нагрев (это место во всей цепи прохождения тока имеет наибольшее сопротивление), в результате чего происходит оплавление фольги и припайка ее к обжимке в одной точке.

Для различных пакетов конденсаторов каждый раз подбирается практически (на забракованных по электрическим параметрам пакетах) необходимый режим (сила тока, выдержка времени), обеспечивающий качественную сварку без прожогов и сильных оплавлений фольги.

Точка сварки должна располагаться на пакете строго по чертежу, и диаметр ее должен быть 1—2 мм.

Для пакетов конденсаторов КСГ-2 применяется полуавтомат, на котором одновременно осуществляется обжатие пакетов и точечная сварка.

Устройство его аналогично описанному выше полуавтомату обжатия пакетов конденсаторов. Отличие его заключается в том, что после пуансона обжатия установлено приспособление для точечной сварки. Это приспособление работает синхронно с пуансоном обжатия. После обжатия матрица с обжатым пакетом подходит под сварочные электроды, которые в момент выстоя матрицы опускаются на пакет и производят точечную сварку фольги сразу с обеими обжимками.

У конденсаторов СГМЗ соединение фольговых выводов с обжимкой производится пайкой припоем ПОС-61.

4-8. ОПРЕССОВКА ПАКЕТОВ КОНДЕНСАТОРОВ В ПЛАСТМАССУ

Для повышения влагостойкости в некоторых типах слюдяных конденсаторов применена опрессовка пакетов в терморезистивную пластмассу. Конденсаторы типа КСО опрессовываются в пластмассу марки К-211-34, а конденсаторы типа КСОТ опрессовываются в пластмассу К-81-39 (ПЭМ-ТТ). Эти материалы подробно описаны в § 2-5.

Пресс-материал получается от заводов-поставщиков в виде пресс-порошка. На конденсаторном заводе опрессовка пакетов конденсаторов производится не непосредственно порошком, а при помощи двух заранее заготовленных таблеток из пресс-порошка.

Изготовление таблеток производится на таблетировочных автоматах различных типов. Принцип действия одного из них — роторного — можно понять из рис. 4-14. Пресс-порошок засыпается в бункер, откуда при помощи дозирующего устройства определенная порция порошка

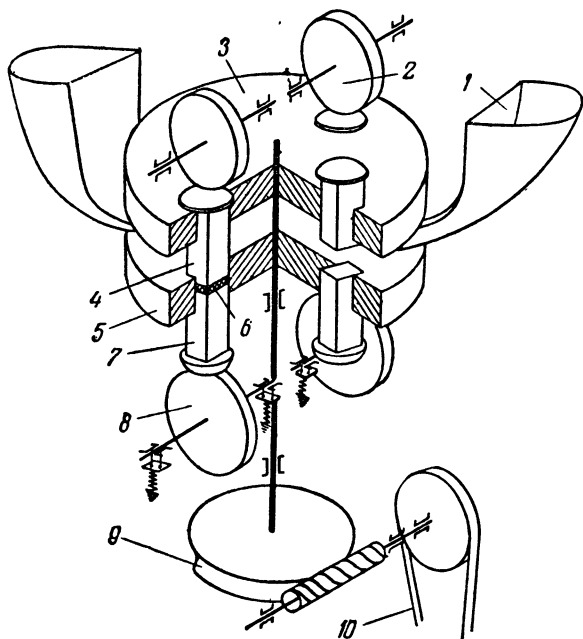


Рис. 4-14. Принцип действия автомата изготовления таблеток из пресс-порошка.

1 — бункер; 2 — верхний подвижной ролик; 3 — верхний подвижной ротор; 4 — верхний пуансон; 5 — нижний подвижный ротор; 6 — таблетка; 7 — нижний пуансон; 8 — нижний подвижной ролик; 9 — червячная пара; 10 — ремная передача к двигателю.

засыпается в углубление матрицы, имеющей размеры, приблизительно равные размерам L и B табл. 1-1. Засыпанный в углубление матрицы пресс-порошок пуансоном опрессовывается в таблетку толщиной, равной половине толщины конденсатора. Готовая таблетка выталкивается из матрицы и направляется в металлический ящик-сборник.

Пресс-порошок К-211-34 (и К-211-4) перед засыпкой в бункер таблетировочного автомата проходит ряд под-

готовительных операций. Полученный от завода-поставщика пресс-порошок насыпается слоем 20—30 мм на металлический противень и помещается на 2 ч для сушки в термостат при температуре 80—100° С. За время сушки пресс-порошок перемешивается 2—3 раза. Просушенный пресс-порошок затем просеивается через сито и только после этого его можно засыпать в бункер автомата.

Изготовленные таблетки перед опрессовкой в них пакетов конденсаторов обязательно проходят сушку. Эта сушка проводится либо в обычных термостатах в течение 1 ч при температуре 80—100° С, либо в электрическом поле высокой частоты. Высокочастотная сушка непроводниковых материалов обладает рядом особенностей. Основная особенность заключается в том, что выделение тепла происходит в самой массе нагреваемого материала за счет диэлектрических потерь, возникающих в нем при воздействии электрического поля высокой частоты. Равномерный прогрев по всей толщине обеспечивается при условии однородного состава материала и равномерного электрического поля в рабочем конденсаторе, куда помещается материал для сушки. Высокочастотная сушка значительно сокращает время (до 5—8 мин) и улучшает качество сушки таблеток.

Высокочастотная сушка таблеток производится при помощи генератора с частотой тока 18—20 Мгц. Внешний вид генератора приведен на рис. 4-15.

Подготовка генератора к работе начинается с того, что выключателем 1, расположенным на лицевой панели, включается накал генераторной лампы. Затем переключатель реле времени 6 устанавливается в одно из положений, обеспечивающих выдержку времени от 5 до 8 мин.

Нижняя пластина рабочего конденсатора 3 вынимается из генератора на стол. На поверхность пластины правильными рядами укладываются таблетки из пресс-порошка таким образом, чтобы они не выходили за нанесенный краской контур на пластине. Затем нижняя пластина рабочего конденсатора вместе с уложенными на нее таблетками осторожно вставляется в фиксирующие пазы в окне генератора и продвигается до упора ее передней планки на кнопочные контакты. В момент нажатия на кнопочные контакты один включает реле времени, а второй снимает блокировку с анодной цепи.

После этого нажатием на кнопку 7 магнитного пускателя с надписью «пуск» включается напряжение на анод генераторной лампы. С этого момента начинается процесс высокочастотной сушки. Для пресс-порошка К-211-34 ориентировочный режим сушки следующий: время сушки 5—6 мин, сеточный ток генераторной лампы ГУ-3000 40—60 ма, анодный ток 200—250 ма, величина воздушного зазора в рабочем конденсаторе 7—8 мм при площади его пластины около 1 000 см². Этот режим корректируется на практике.

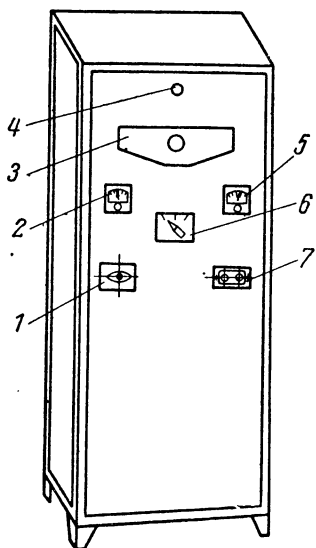


Рис. 4-15. Внешний вид высокочастотного генератора для подогрева таблеток.

1 — выключатель накала генераторной лампы; 2 — стрелочный прибор; 3 — выдвижная пластина конденсатора; 4 — сигнальная лампа; 5 — стрелочный прибор; 6 — переключатель реле времени; 7 — магнитный пускатель для включения анодного напряжения.

По истечении установленного времени реле автоматически выключает высокое напряжение на аноде генераторной лампы и нагрев таблеток прекращается. Пластина с просушенными таблетками вынимается из генератора, и таблетки закладываются в заранее подготовленную пресс-форму для опрессовки пакетов конденсаторов. При правильно подобранном режиме сушки таблетки должны незначительно размягчаться и незначительно изменять цвет поверхности. Резкое изменение цвета таблеток, вспучивание поверхности указывает на чрезмерно высокую

температуру сушки, связанную с неправильным режимом или неполной загрузкой таблетками рабочей пластины конденсатора. По окончании работы на генераторе прежде всего отключается с помощью кнопки пускателя анодное напряжение генераторной лампы во избежание ее порчи.

Пресс-порошок К-81-39 сушке не подвергается. Опрессовка пакетов слюдяных конденсаторов в пластмассу производится на стандартных гидравлических

прессах, обеспечивающих удельное давление 300 кг/см^2 .

В большинстве случаев применяются прессы с давлением от 60 до 150 т. Применяемые прессы должны обязательно иметь подогрев верхних и нижних плит до температуры 175°C и должны быть оборудованы автоматикой, регулирующей эту температуру и обеспечивающей необходимую выдержку времени. Гидравлические прессы достаточно подробно описаны в технической литературе.

Каждый пресс для опрессовки пакетов конденсаторов должен быть снабжен двумя многоместными пресс-формами, а если пресс переоборудован для двухъярусного прессования, то количество пресс-форм увеличивается до четырех.

Перед работой пресса плиты пресса и пресс-формы должны быть предварительно прогреты до температуры $170\text{—}185^\circ\text{C}$, на что требуется 1,5—2 ч (после длительного перерыва). На рабочем столе в разогретую пресс-форму при помощи специального приспособления (трафарета) укладываются таблетки, предварительно просушенные, как было описано выше.

Затем в пресс-форму укладываются пакеты, также непосредственно перед этим просушенные при температуре $50\text{—}60^\circ\text{C}$ в течение не менее 20 мин (рис. 4-16). Сверху уложенных пакетов укладываются снова таблетки. При этом надо следить, чтобы пакеты были расположены горизонтально, без смещений относительно таблеток.

После этого верхняя часть пресс-формы совмещается с нижней и собранная пресс-форма подается на рабочую плиту пресса, где производится опрессовка пакетов конденсаторов по заранее установленному режиму в зависимости от размеров конденсаторов. При двухъярусном прессовании должна быть подготовлена вторая пресс-форма вторым рабочим с другой стороны пресса и тоже помещена под пресс.

При опрессовке пакетов, например, конденсаторов КСО-5 после нажатия кнопки «пуск» автоматически смыкаются верхние и нижние плиты пресса, устанавливается предварительное давление 10—15 т на пресс-форму и выдерживается в течение 30—45 сек, затем давление на пресс-форму повышается до удельного давления 300 кг/см^2 . Это давление также автоматически

выдерживается в течение 3,5 мин, и затем верхняя и нижняя плиты пресса размыкаются. Температура плит пресса все время автоматически поддерживается 170—185° С.

Во время прессования подготавливается следующая пресс-форма. Когда плиты пресса разомкнулись, пресс-

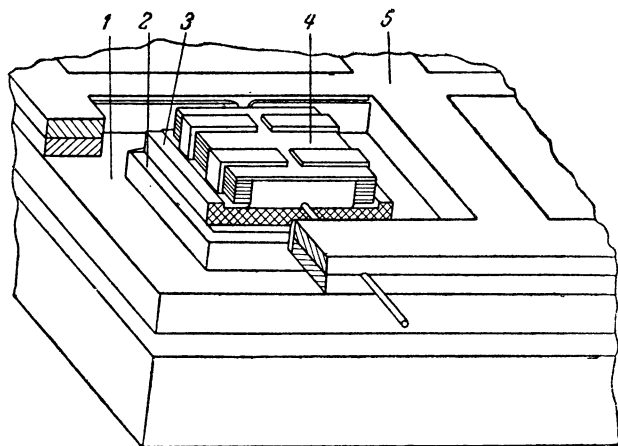


Рис. 4-16. Часть нижней пресс-формы с уложенными таблетками из пресс-порошка и пакетами конденсаторов.

1 — пресс-форма; 2 — вкладыш пресс-формы; 3 — таблетка; 4 — собранный пакет; 5 — трафарет.

форма вынимается из-под пресса, а на ее место помещается другая подготовленная пресс-форма.

Вынутая из пресса пресс-форма разбирается, опрессованные конденсаторы вынимаются и помещаются в специальную металлическую тару. Освобожденная пресс-форма продувается сжатым воздухом, а затем вновь загружается таблетками и пакетами и подготавливается для очередного прессования.

Следует заметить, что во избежание прилипания пресс-порошка к пресс-формам обе половинки вкладышей пресс-формы смазываются церезином.

При проведении операции опрессовки пакетов в пластмассу необходимо строго соблюдать технологические режимы как при самой опрессовке, так и при подготовительных операциях во избежание возникновения

брака. Например, высокая температура прессования или недостаточная выдержка под давлением могут привести к вздутиям на поверхности конденсатора. Это же явление может наблюдаться при нарушении режимов сушки пресс-материала и таблеток из-за наличия в пресс-материале некоторого количества влаги и газообразных продуктов. Недопрессовка — рыхлость и пористость поверхности опрессованного конденсатора — может появиться по причине низкой или высокой температуры прессования, низкой текучести пресс-материала или по причине того, что в пресс-форму загружено недостаточное количество материала из-за неправильной дозировки пресс-порошка при изготовлении таблеток. При недостаточном времени прессования или при большой разнице в температуре верхней и нижней частей пресс-формы может наблюдаться коробление или деформация изделия.

Матовость, пятнистость поверхности конденсатора может быть при плохой полировке внутренней поверхности вкладышей пресс-формы или нарушении целостности слоя хрома, а также при использовании неочищенной пресс-формы. Поэтому работать следует только на исправных, очищенных пресс-формах. Периодически для лучшей очистки следует проводить кипячение пресс-форм в растворе кальцинированной соды в течение 2—4 ч. После проварки вкладыши пресс-формы должны протираться ветошью, смоченной бензином.

Матовая пятнистая поверхность может получиться также при применении пресс-материала с заниженным количеством смоляной части. Такой материал следует из производства изъять.

Применение слишком сырого материала приводит к волнистости поверхности и появлению прожилок на ней.

Следует также заметить, что пониженная температура прессования, недостаточное время выдержки изделия под давлением, повышенная влажность пресс-порошка, наличие в нем посторонних примесей, отклонение состава пресс-материала от стандарта часто приводит к понижению электрических характеристик конденсатора.

По причине недостаточного давления прессования или повышения температуры прессования может наблюдаться

ся в местах разъема вкладышей пресс-формы утолщенный облой. Это же явление можно наблюдать при увеличенном количестве пресс-материала в пресс-форме и при дефектной пресс-форме.

По причине плохой очистки, смазки и качества самой пресс-формы получается прилипание изделия к пресс-форме и затрудняется его извлечение.

Перечисленные дефекты прессования показывают, как важно вести работу на хороших пресс-формах. Поэтому новая пресс-форма очень тщательно проверяется в опытной эксплуатации, а все эксплуатируемые пресс-формы периодически проверяются и тщательно ремонтируются.

Опрессовка конденсаторов КСОТ в пресс-материал К-81-39 производится аналогично опрессовке конденсаторов КСО с некоторыми изменениями. Время выдержки под давлением несколько увеличивается. Так, например, при прессовании конденсаторов КСОТ-5, аналогичных по размерам конденсаторам КСО-5, оно увеличивается с 3,5 мин до 10 мин. Температура прессования понижается до $165 \pm 5^\circ \text{C}$. Сушка таблеток не производится, а закладка их в пресс-форму производится не менее чем за 3 мин до начала прессования.

После опрессовки в пластмассу и снятия облоя конденсаторы передаются на операцию термотренировки, которая заключается в трехкратной смене температур от $20\text{—}35^\circ \text{C}$ до 110°C (для КСО) и 150°C (для КСОТ) с выдержкой при каждом значении температуры в течение 1 ч.

4-9. СБОРКА ПАКЕТОВ ГЕРМЕТИЗИРОВАННЫХ СЛЮДЯНЫХ КОНДЕНСАТОРОВ В КОРПУС

Собранные и обжатые в обжимки слюдяные пакеты конденсаторов типов КСГ, ССГ помещаются с целью последующей герметизации в металлические корпуса, а пакеты конденсаторов СГМ и СГМЗ в керамические корпуса.

Перед помещением пакетов конденсаторов КСГ и ССГ в корпус их сначала помещают в коробку из электрокартона с целью изоляции от металлического корпуса. Выводы пакета пропускаются через отверстия в электроизоляционном пакете.

Пакеты конденсаторов ССГ, обернутые электрокартоном, помещают в корпус, предварительно пропустив

выводы пакета через трубочки стеклянных изоляторов, впаянных в корпус, и выведя их наружу. Затем корпус закрывается крышкой и передается на операцию пайки корпуса с крышкой.

Пакеты конденсаторов КСГ, обернутые электроизоляцией, также помещаются в металлический корпус (у конденсатора КСГ-1 один вывод пакета при этом пропускается сквозь керамический изолятор, уже впаянный в дно корпуса). После этого сверху электроизоляционного пакета укладывается проволочный припой, предварительно заготовленный в виде прямоугольника, и одевается крышка со впаянными изоляторами. Во время одевания крышки проволочные выводы пакета продеваются через трубочки изоляторов и выводятся наружу конденсатора. После этого конденсаторы КСГ передаются на операцию пайки токами высокой частоты шва корпуса с крышкой припоем ПОС-40.

Сборка пакетов конденсаторов СГМ и СГМЗ в керамический корпус несколько отличается от описанной выше сборки. Пакет обертывается полистирольной пленкой шириной 9 или 12 мм в зависимости от габарита так, чтобы он туго входил в корпус. Обернутый пакет вставляется в корпус, и ленточные выводы пакета отгибаются на торцы стенок корпуса. После этого лишние концы ленточных выводов обрезаются так, чтобы они выступали за край корпуса не более 0,7 мм.

4-10. ВАКУУМНАЯ СУШКА И ПРОПИТКА СОБРАННЫХ ПАКЕТОВ И КОНДЕНСАТОРОВ

Вакуумная сушка и пропитка пакетов и конденсаторов проводится с целью удаления влаги и воздуха и замены их пропиточной массой, имеющей более высокие диэлектрические свойства. Для слюдяных конденсаторов в большинстве случаев применяется в качестве пропитывающей массы церезин. Его свойства подробно описаны в § 2-4.

Вакуумная сушка и пропитка производятся в различных установках, имеющих почти одинаковое принципиальное устройство.

Принципиальная схема вакуум-пропиточной установки приведена на рис. 4-17. Вакуум-пропиточная установка состоит из двух вакуумных баков 1, 2 с пароподогре-

вом, соединённых между собой трубопроводами. Оба бака могут вместе или порознь соединяться с вакуум-насосом 3. Установка снабжена термopарами с регистрирующими температуру самопишущими приборами и прибором для измерения вакуума — вакуумметром Мак-Леода. Перед работой вакуум-пропиточная установка должна быть соответствующим образом подготовлена.

Один из баков, например бак 2, должен быть загружен церезином. После загрузки церезина или проверки

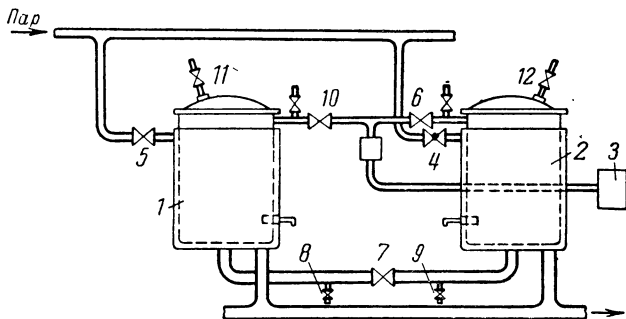


Рис. 4-17. Принципиальная схема вакуум-пропиточной установки.

его наличия в баке следует включить паровой обогрев баков. Для этого следует вентили паропровода 4 и 5 открыть, а вентили 7, 8 и 9 должны быть закрыты. Следует заметить, что кислотность церезина должна быть не выше 0,6 мг КОН/г.

Для пропитки пакеты или конденсаторы укладывают в сетчатые корзины. При этом конденсаторы КСГ, ССГ должны быть уложены заливочными отверстиями кверху. Корзины помещаются в свободный бак (например, 1) вакуум-пропиточной установки. Оба бака герметично закрываются крышками.

По достижении температуры в баках $110 \pm 10^\circ \text{C}$ включается вакуум-насос и открываются вентили 6 и 10, соединяющие насос с баками. Перед включением вакуум-насоса не следует забывать о том, что резиновые трубки 11—12 на патрубках, вваренных в крышки баков, должны быть надежно перекрыты зажимами.

Через 5—10 мин после включения вакуум-насоса следует проверить величину остаточного давления в ба-

бак при помощи вакуумметра Мак-Леода через резиновую трубку (11 или 12), которая должна быть не более 2 мм рт. ст. При температуре $110 \pm 10^\circ \text{C}$ и вакууме не выше 2 мм рт. ст. конденсаторы ССГ, КСГ сушатся не менее 5 ч, а конденсаторы КСО порядка 0,5—1 ч. Пакеты конденсаторов ССГ, СГМ и СГМЗ сушатся не менее 2 ч, а пакеты конденсаторов КСО порядка 1 ч. Конденсаторы в металлических корпусах сушатся и пропитываются через специально пробиваемые в корпусе два заливочных отверстия. В другом баке за этот же период времени осуществляется сушка церезина.

После окончания сушки пакетов или конденсаторов приступают к их пропитке. Для осуществления пропитки необходимо церезин из бака, где проводилась его сушка, перегнать в бак с пакетами или конденсаторами. Это делается в следующей последовательности: вакуум-насос выключается, закрывается вентиль 6 и открывается вентиль 7, в бак с церезином постепенно подается атмосферное давление, для чего зажим на резиновой трубке 12 медленно освобождается.

В процессе перегонки церезина, осуществляемого за счет разницы давлений в баках, необходимо внимательно следить через смотровое стекло за тем, чтобы уровень церезина в баке 2 не оказался ниже линии соединения дна бака с трубопроводом во избежание попадания воздуха в бак 1. Кроме того, с этой же целью рекомендуется к концу перегонки церезина частично прикрыть вентиль 7 и закрыть зажим на резиновой трубке 12. После окончания перегонки вентиль 7 закрывается и включается вакуумный насос. Пропитка герметизированных конденсаторов производится после достижения вакуума не ниже 2 мм рт. ст. и температуры $110 \pm 10^\circ \text{C}$ в течение 4 ч. Пакеты конденсаторов КСО и КСОТ пропитываются в течение 0,5—1 ч. Конденсаторы КСОТ не пропитываются.

По окончании пропитки церезин из бака 1 перегоняется в бак 2 аналогично описанной операции перегонки церезина из бака 2 в бак 1. После этого крышка бака 1 открывается и корзины с пакетами или конденсаторами вынимаются из бака и помещаются в центрифугу, где происходит удаление излишков церезина. Конденсаторы КСГ-2 должны быть помещены на приспособлениях под углом $30-45^\circ$ к горизонту для удаления избытков це-

резина. Далее конденсаторы в металлических корпусах передаются на запайку заливочных отверстий, которая должна быть произведена прямо на горячих конденсаторах.

4-11. ГЕРМЕТИЗАЦИЯ СЛЮДЯНЫХ КОНДЕНСАТОРОВ

Слюдяные конденсаторы для длительной работы в условиях относительной влажности воздуха до 98% выпускаются герметизированной вакуум-плотной конструкции.

Часть соединений в этой конструкции выполняется обычно в заготовительных цехах до помещения пакета в корпус, а часть соединений выполняется в сборочных цехах после помещения пакета в корпус.

Пайка дна к корпусу и вертикального шва корпуса и пайка стеклянного проходного изолятора типа ИСШ в крышки осуществляется в заготовительном цехе при изготовлении корпуса (§ 3-4 и 3-6). Впайка керамического изолятора в крышку производится после металлизации мест пайки сначала серебром методом вжигания и последующего покрытия серебряного слоя слоем припоя методом горячего лужения (§ 3-7). Пайка крышки с изоляторами к корпусу осуществляется при помощи токов высокой частоты после помещения пакета в корпус. Запайка трубочек изоляторов производится после окончательной сборки конденсаторов.

При пайке токами высокой частоты используется принцип индукционного нагрева металлических тел, в основу которого положена способность электрических колебаний высокой частоты индуктивно порождать интенсивные вихревые токи в металлическом теле, которые нагревают его.

К числу основных преимуществ пайки при помощи токов высокой частоты относятся: 1) быстрота процесса пайки, т. е. высокая производительность труда; 2) одновременность и равномерность нагрева соединяемых деталей; 3) возможность пайки нескольких швов одновременно; 4) возможность пайки нескольких однородных деталей одновременно; 5) местный прогрев спаиваемого шва без прогрева всей детали в целом; 6) бесконтактная передача тепловой энергии спаиваемым деталям; 7) удобство и надежность контроля растекания флюса и припоя; 8) возможность изменения техноло-

гического режима пайки в широких пределах; 9) меньший расход припоя и флюса; 10) лучшая герметичность благодаря затеканию припоя на всю глубину паяемого шва; 11) улучшение условий труда; 12) потребность в меньшей производственной площади; 13) возможность автоматизации процесса пайки; 14) увеличение прочности шва.

Для высокочастотной пайки применяется ламповый генератор ЛГЗ-10 вместе с конвейером, сетевым фильтром, системой охлаждения, системой вентиляции и распределительным щитом.

Максимальная колебательная мощность генератора 10 *квт*. Генератор питается от трехфазной сети 380 или 220 *в*. Максимальная мощность, потребляемая от сети, 15+2,5 *квт* (2,5 *квт* — однофазная мощность, расходующая цепями накала). Выпрямленное напряжение на аноде 8000 *в*. Максимально допустимый анодный ток 2 *а*, а номинальный 1,7 *а*. Максимально допустимый сеточный ток 350 *ма*, а номинальный 300 *ма*. Напряжение накала 11 *в*. Рабочая частота 500—700 *кГц*. Габарит генератора 1180×1020×2030 *мм*, вес 650 *кг*.

Конвейер предназначен для непрерывной подачи изделий к месту пайки от места загрузки и плавного перемещения их в индукторе генератора в процессе пайки. Расстояние между лентой конвейера и зажимами для крепления индуктора генератора выбрано таким, что позволяет на ленту конвейера загружать все типы слюдяных конденсаторов в специальных приспособлениях и при этом допускает регулировать высоту закрепления индуктора.

На каркасе конвейера расположена деревянная полка, по которой движется лента конвейера. Деревянная полка имеет ряд сменных фиксаторов для точной установки на ленте приспособлений с подлежащими пайке деталями или конденсаторами. Лента конвейера имеет длину около 2 *м* и ширину 0,15 *м* и может двигаться с переменной скоростью от 0,5 до 3 *м/мин*. Схема электрической регулировки скорости осуществлена на постоянном токе. Весь механизм электрической регулировки скорости движения ленты расположен внутри металлического каркаса конвейера.

Сетевой фильтр предназначен для защиты силовой сети, питающей ламповый генератор от проникно-

вения в нее радиопомех. Фильтр установлен на стене рядом с пусковым щитом.

Циркуляционная система охлаждения предназначена для охлаждения генераторной лампы, колебательного контура и индуктора и имеет соответственно три самостоятельные ветви. Каждая ветвь на входе имеет запирающий вентиль. Слив воды из каждой ветви свободный. Вода для охлаждения деталей генератора должна быть чистой, расход ее 9 л/мин. Трубы для подводки воды от бака к генератору должны быть оцинкованными. Для нормальной подачи воды в установку около бака установлен насос, нагнетающий воду в систему. Допускаемая максимальная температура воды на сливе от генераторной лампы 50°С, а от конденсаторного блока 35°С. Для охлаждения воды в бак опущен радиатор, через который непрерывно протекает холодная водопроводная вода.

Вытяжная вентиляция установлена над индуктором, параллельно ему, и служит для улавливания и удаления из помещения воздуха, загрязненного парами флюса и припоя. Часть вытяжного колпака сделана выдвижной для удобства работы.

Все части установки должны быть заземлены тросом диаметром не менее 9 мм.

Помимо источника высокой частоты, для пайки необходимо иметь соответствующим образом сконструированные индукторы и приспособления.

Одним из основных условий получения хорошего качества шва является одинаковый нагрев всех спаиваемых поверхностей до температуры, несколько большей температуры плавления припоя, поэтому следует обращать особое внимание на выбор конструкции индуктора и на правильное расположение деталей в нем.

Интенсивность и равномерность нагрева деталей в индукторе зависит от частоты тока, мощности, выделяемой в индукторе, магнитного состояния детали, времени нахождения детали в индукторе, формы и размеров детали и индуктора и т. д.

При конструировании индуктора, помимо электротехнических вопросов, определяющих к. п. д. установки, необходимо принимать во внимание и характер процесса, необходимую производительность, возможности создания механически жесткой конструкции, технологичность

его изготовления, удобство эксплуатации и ряд других вопросов. Очевидно, что невозможно учесть заранее одновременное влияние всех этих факторов, а поэтому всегда желательно изготовлять опытный образец индуктора и практически проверять его.

Для устранения больших потерь в индукторе и лучшего отвода тепла целесообразно изготовлять его из красномедной трубки круглого или квадратного сечения,

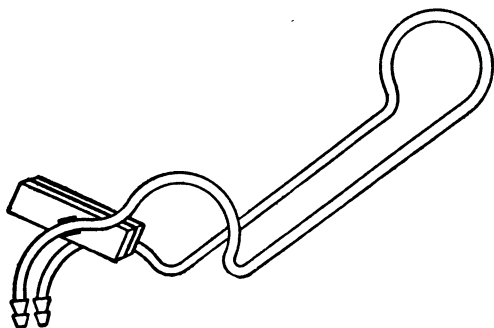


Рис. 4-18. Одновитковый индуктор.

так как красная медь является одним из наиболее электро- и теплопроводных материалов и легко поддается обработке.

Для наиболее эффективного нагрева деталей индуктор изготовляют таким образом, чтобы деталь помещалась в непосредственной близости от его внутренней поверхности, где магнитное поле сильнее всего. Но следует учитывать, что при слишком малом зазоре может произойти пробой воздушного промежутка и повреждение поверхности изделия. Практически расстояние между индуктором и изделием должно быть в пределах от 2 до 15 мм.

Простейший индуктор для целей пайки может состоять из одного или нескольких витков. Одновитковые индукторы являются наиболее простыми и распространенными (рис. 4-18). Индуктор сделан из красномедной трубки круглого сечения внутренним диаметром 2—6 мм и внешним диаметром 4—8 мм. Длину индуктора из соображений жесткости не следует брать более 300 мм. Индуктор охлаждается водой, циркулирующей внутри

трубки. Вода подводится по резиновым шлангам, которые надеваются на специальные штуцеры. На расстоянии 100 мм от штуцера трубка индуктора в двух местах приварена к двум медным пластинкам, стянутым друг с другом винтами из эбонита. Между медными пластинками проложено несколько слоев изоляционного материала — микалекса. Медные пластинки необходимы для зажатия всего индуктора в зажим генератора, подключения его к высокочастотному трансформатору и для удержания индуктора в нужном положении.

Правильная конструкция приспособлений для крепления в процессе пайки деталей конденсаторов определяет эффективность установки и ее производительность. Этому вопросу должно уделяться самое серьезное внимание. В качестве материалов для приспособлений можно применять дерево, асбестовый картон, текстолит, гетинакс и другие пластмассы. Из металлов желательно применять немагнитные, например, алюминий, так как из-за малой магнитной проницаемости они нагреваются токами высокой частоты значительно медленнее ферромагнитных. Расстояние от основания приспособления до спаиваемого шва должно выдерживаться со значительной точностью. Съем и установка деталей приспособления должны производиться быстро и легко. Приспособления должны быть достаточно вместительными и в то же время не слишком громоздкими, чтобы установка их на ленту конвейера осуществлялась достаточно просто.

Кроме того, необходимо учитывать ряд общих требований технологического и конструктивного характера в отношении спаиваемых деталей.

Пайку швов корпусов конденсаторов, особенно с помещенным внутрь корпуса пакетом конденсатора, желательно производить при наименьшей температуре нагрева, так как значительный прогрев конденсатора может привести к ухудшению его электрических характеристик. Для пайки крышки с корпусом конденсатора можно воспользоваться легкоплавкими припоями типа ПОС-40, тем более, что при пайке этими припоями вполне обеспечивается требуемая прочность шва.

Зазор между спаиваемыми деталями должен быть минимальным и не должен превышать 0,1—0,5 мм. Наличие таких зазоров между соединяемыми деталями обес-

печивает лучшую передачу тепла, помогает удерживать их в требуемом положении без специальных приспособлений, что при массовом производстве весьма желательно, и, что самое главное, небольшие зазоры вызывают явления капиллярности, которые способствуют повсеместному проникновению припоя на всю глубину шва пайки. При наличии больших зазоров расплавленный припой проваливается через них внутрь, стекает, образуя наплывы, в результате чего нарушается герметичность шва. Для получения надежного герметичного соединения поверхности должны быть очищены от различных загрязнений, а места соединения обильно покрыты флюсом.

Хорошие результаты дают применение масляно-канифольной смеси, спирто-канифольной смеси и канифоли в виде порошка. При пайке токами высокой частоты у деталей обязательно должно быть технологическое отверстие для выхода воздуха, расширяющегося при нагреве, иначе воздух препятствует затеканию припоя в глубь шва.

Время нагрева детали не должно быть слишком малым (припой должен успеть затечь) и не должно быть слишком большим (может наступить перегрев всей детали в целом). Практически время пайки составляет от 5 до 30 сек.

Пайку экономически более выгодно осуществлять непрерывным методом. Обычно индуктор неподвижен, а детали одна за другой проходят через него непрерывным потоком, причем паяется одновременно несколько деталей.

Перед пайкой партии изделий необходимо подобрать нужный индуктор и соответствующие приспособления. Индуктор устанавливается в зажимах генератора и его положение регулируется относительно деталей, установленных в приспособлении на неподвижной конвейерной ленте. Необходимо тщательно проверить параллельность витков индуктора между собой и лентой конвейера, иначе может быть неравномерная пропайка шва или могут быть пережоги.

После установки индуктора надо включить вентилятор, включить насос системы охлаждения и убедиться, что вода из сливных труб в баке идет нормально и что ее уровень в баке не ниже отметки. Поставить ручку

с надписью «обратная связь» в положение 1 и 2 или 3 в зависимости от необходимой интенсивности нагрева (переключать обратную связь при включенном высоком напряжении нельзя). Затем подается питание от пускового щита на генератор, при этом должна загораться зеленая сигнальная лампочка на передней панели генератора. Нажатием кнопки на передней панели генератора включается первая ступень накала генераторной

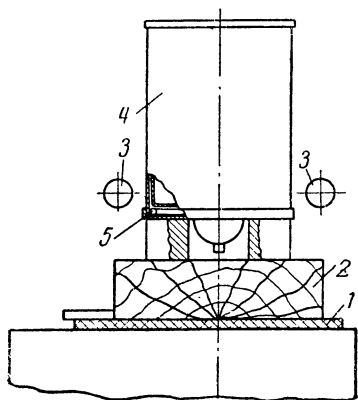


Рис. 4-19. Примерное расположение конденсатора, приспособления и индуктора во время пайки.

лампы и газотронов, а через 30 сек нажатием другой кнопки включается вторая ступень накала. При нажатой второй кнопке следует убедиться по вольтметру, расположенному на передней панели генератора, в том, что напряжение накала равно 11 в. Далее включается конвейер установки и при помощи ручки регулировки скорости, расположенной на тумбе конвейера, устанавливается нужная скорость движения ленты.

Через 5 мин после включения второй ступени накала можно включать высокое напряжение (нагрев детали),

при этом на передней панели генератора загорается красная лампочка, сигнализирующая о его готовности к работе. Далее следует установить необходимую величину анодного и сеточного тока.

После этого производится опытная пайка нескольких изделий для проверки и корректировки режима. При нормальной пайке должно быть равномерное затекание припоя по всей длине шва, отсутствие цветов побежалости на корпусе (вследствие перегрева), сохранность имевшихся ранее паяных швов. Допускается подгорание флюса на корпусах до коричневого цвета при условии отсутствия подгорания изоляционных прокладок внутри корпуса.

После корректировки режима можно приступить к пайке всей партии конденсаторов. Рассмотрим в каче-

стве примера пайку крышки с изоляторами к корпусу конденсаторов КСГ-2 (рис. 4-19). Проволочные выводы, выходящие из трубочек изоляторов, отрезаются ручными ножницами на расстоянии около 6—8 мм от края трубочки и загибаются. На поверхность шва по периметру крышки при помощи кисточки наносится масляноканифольный флюс, и конденсаторы 4 устанавливаются крышкой вниз на соответствующие приспособления 2. Приспособление с конденсаторами ставится на движущуюся ленту конвейера 1 и пропускается через индуктор 3. При прохождении через индуктор осуществляется

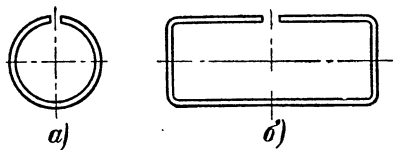


Рис. 4-20. Проволочный припой.
а — кольцо; б — прямоугольник.

пайка шва. Проволочный припой, изогнутый в форме прямоугольника 5, уложен внутрь конденсатора во время сборки перед одеванием крышки таким образом, чтобы он возможно более плотно прилегал к внутренней поверхности металлической крышки.

Проволочный припой в виде прямоугольников или колец (рис. 4-20) в зависимости от конфигурации шва изготавливается заранее на токарном станке. Навивка колец или рамок припоя производится на специальных оправках, которые зажимаются в патрон токарного станка. Конец проволочного припоя закрепляется на оправке, и производится навивка припоя в один слой. Затем резцом вдоль всей оправки разрезаются все витки припоя, снимаются с оправки и укладываются в тару.

Во время пайки следует следить за тем, чтобы приспособления с изделиями проходили через индуктор непрерывно один за другим и прижимались к упору. Кроме этого, следует следить за тем, чтобы посадка корпуса в крышку и размещение конденсатора на приспособлении были правильными, без перекосов. Во время пайки надо также наблюдать за правильным растеканием припоя по шву, следить время от времени за нормальным сливом воды из труб в системе охлаждения и за величиной анодного и сеточного тока.

В рассмотренном примере пайки крышки КСГ-2 анодный ток должен быть 1,1—1,2 а, сеточный ток 175 ± 10 ма

и время пайки 14 ± 1 сек при использовании индуктора шириной 34 мм из красномедной трубки диаметром 8 мм и длиной порядка 250—300 мм.

Осуществлять пайку лепестков к трубочкам стеклянных изоляторов, запайку самих трубочек, выводных отверстий керамических изоляторов и заливочное технологическое отверстие на крышке токами высокой частоты пока не представляется возможным из-за того, что немагнитные материалы почти не нагреваются токами высокой частоты. Эти виды пайки осуществляются при помощи ручного паяльника на 12 в.

Герметичность конструкции конденсаторов в керамическом корпусе достигается несколько проще. На широкий плоский паяльник укладывается вывод-колпачок, смоченный в масляно-канифольном флюсе, и в него опускается кусочек проволочного припоя ПОС-40. Когда припой расплавится, то сверху в вывод-колпачок вставляется керамический корпус с собранным пакетом и выдерживается некоторое время, необходимое для полного затекания припоя в шов. Затем корпус с припаянным выводом-колпачком снимается с паяльного приспособления и охлаждается. После вакуумной сушки аналогично первому припаивается второй вывод.

4-12. ПРОМЫВКА ГЕРМЕТИЗИРОВАННЫХ КОНДЕНСАТОРОВ

Промывка конденсаторов после пропитки и пайки заливочных отверстий производится в целях удаления с их поверхности остатков пропитывающего состава и флюса. Обезжиривание поверхности конденсаторов необходимо для проведения операций проверки на герметичность и окраски.

Промывка осуществляется в основном химическим воздействием нагретого раствора тринатрийфосфата и жидкого стекла на жировую пленку и отчасти механическим воздействием струй раствора и горячей воды. Применение горячей воды необходимо для более тщательного обезжиривания поверхности и удаления остатков тринатрийфосфата.

Промывка осуществляется на конвейерной моечной машине с тремя камерами промывки (одна — для раствора и две — для горячей воды) с паробоггревом, сушильной камерой и приборами для контроля температуры.

Перед работой следует проверить исправность паровых и водных вентилях и залить в первую камеру — ванну — водяной раствор тринатрийфосфата с жидким стеклом, а в две другие — обычную воду. После этого следует включить паровой обогрев машины и подогреть раствор и воду во всех камерах до температуры $80 \pm 5^\circ \text{C}$. Включается конвейер, насосы и электрокалорифер сушильной камеры.

Конденсаторы, подлежащие промывке, укладываются на сетку конвейера в один слой широкой стороной на ленту на расстоянии 1—2 см друг от друга и на 7—8 см от края ленты. В течение 1 ч конденсаторы полностью промываются и высушиваются, снимаются с ленты конвейера и направляются на последующие операции.

После промывки конденсаторов в моечной машине одним раствором в течение суток производится добавление тринатрийфосфата и жидкого стекла. Смена обезжиривающего раствора производится через 2—3 суток, а воды не реже 2 раз в смену. При смене раствора все ванны машины моют горячей водой и протирают ветошью. Два раза в месяц следует производить тщательную очистку внутренней части камер и ванн машины металлическим скребком или металлической щеткой с последующей 2—3-кратной промывкой водой (плохая очистка машины может привести к потемнению поверхности конденсаторов или образованию обильного белого осадка на конденсаторах).

Иногда промывка (обезжиривание) партий конденсаторов, деталей или узлов (например, крышки конденсаторов КСГ-1 после впайки керамического изолятора) осуществляется в растворителе РДВ или спирто-бензиновой смеси. Эта операция проводится вручную в двух ваннах, расположенных в кабинах, снабженных вытяжной вентиляцией с выдержкой изделия от 5 до 15 мин.

После выдержки в ванне каждый конденсатор тщательно промывается с помощью щетки и помещается в сеточный противень над ванной. Затем конденсаторы протираются и укладываются в чистую тару.

Раньше был широко распространен способ промывки конденсаторов в четыреххлористом углероде (ГОСТ 5827-51) в специальных моечных машинах, но из-за большой его токсичности этот способ в массовом производстве применяется все реже.

Качественно промытыми конденсаторами считаются такие конденсаторы, на поверхности которых в лучах ртутно-кварцевой лампы не обнаруживаются белые флуоресцирующие пятна, свидетельствующие о наличии загрязнений (вазелина, масла, канифоли и т. п.).

4-13. ПРОВЕРКА ГЕРМЕТИЧНОСТИ

Все готовые конденсаторы герметичной конструкции должны быть проверены на герметичность.

Проверка герметичности конструкции осуществляется несколькими способами: проверкой на вытекание заливочной массы на фильтровальную бумагу, подложенную под конденсатор во время нагрева его в термостате, проверкой конденсаторов в подогретой масляной ванне по выделению пузырьков воздуха в местах негерметичного соединения, проверкой на свечение в лучах ртутно-кварцевой лампы заливочной массы, вытекшей в местах негерметичного соединения при нагреве конденсатора в термостате или конвейерной печи. Наиболее качественная проверка получается по последнему способу.

При проверке герметичности конденсаторов в лучах ртутно-кварцевой лампы необходимо, чтобы они перед нагреванием были тщательно промыты и обезжирены.

Нагреваясь, пропиточная масса расширяется и при наличии негерметичных мест вытекает через них наружу конденсатора. Появление пропиточной массы (вазелина, церезина и т. п.) на поверхности корпуса конденсатора очень точно определяется осмотром конденсатора в лучах ртутно-кварцевой лампы, так как под воздействием ультрафиолетовых лучей пятна пропитывающего состава имеют способность ярко светиться. Видимая часть спектра ртутно-кварцевой лампы отсекается уфиолевым стеклянным фильтром.

Перед проверкой на герметичность необходимо включить термостат и прогреть его до необходимой температуры. Величина рабочей температуры устанавливается в зависимости от типа конденсатора. Для конденсаторов КСГ-1, КСГ-2, СГМ эта температура должна быть $85 \pm 5^\circ \text{C}$. После этого конденсаторы укладываются в термостат таким образом, чтобы они не прикасались друг к другу. Конденсаторы типа КСГ и СГМ выдерживаются в термостате в течение 1 ч.

После прогрева конденсаторы вынимаются из термостата и подвергаются внешнему осмотру в лучах ртутно-кварцевой лампы. Если в местах пайки корпусов, крышек, донышек, лепестков, заливочных отверстий или изоляторов будут обнаружены светящиеся пятна пропитывающего состава, то конденсатор считается негерметичным. Место течи должно быть отмечено маркировочным карандашом, а конденсатор направлен на подпайку.

В процессе проверки необходимо периодически протирать миткалем пальцы рук, внутренние части термостата и ртутно-кварцевой установки во избежание загрязнения годных конденсаторов и ошибочного направления их в брак.

Проверка герметичности конденсаторов методом погружения в нагретое минеральное масло (масло трансформаторное ГОСТ 982-53 или масло конденсаторное ГОСТ 5775-51) осуществляется в специально приспособленных ваннах с пароподогревом.

Перед работой надо залить в ванну минеральное масло, включить подогрев ванны, вытяжную вентиляцию и местное освещение кабины, прогреть масло до температуры $110 \pm 5^\circ \text{C}$, при которой ведется проверка герметичности слюдяных конденсаторов. После прогрева масла, что определяется по установленному в ванне термометру, можно приступить к проверке герметичности конденсаторов.

Сетчатые стальные корзины с уложенными в один слой конденсаторами опускают в ванну с нагретым маслом так, чтобы уровень масла был на 2—5 см выше самой высокой точки конденсатора, и выдерживают в течение 5—6 мин (время удобнее замечать по песочным часам), наблюдая при этом за появлением пузырьков воздуха на поверхности масла. Герметичными считаются конденсаторы, из швов пайки которых (на корпусе, в изоляторах, в лепестках и т. д.) в продолжение всего времени выдержки в прозрачном минеральном масле при указанной температуре не происходит выделения пузырьков воздуха.

Если пузырьки воздуха выделяются из мест пайки конденсаторов, то подобный конденсатор считается негерметичным. Он извлекается щипцами из ванны, место течи отмечается специальным маркировочным каранда-

шом (смесь церезина с красящим веществом), укладывается в отдельную тару и направляется на исправление. После исправления конденсаторы снова подвергаются проверке на герметичность. По окончании времени выдержки сетчатые корзины с годными конденсаторами вынимаются из ванны и помещаются на 5—10 мин на решетку над металлическим противнем для стекания масла. Затем конденсаторы перекладываются из сетчатой тары в обыкновенную и транспортируются на следующую операцию.

Следует заметить, что в процессе проверки конденсаторов необходимо следить за прозрачностью минерального масла, чтобы были отчетливо видны места негерметичности.

Для проверки герметичности по вытеканию пропиточной массы на фильтровальную бумагу конденсаторы, так же как и при проверке в лучах ртутно-кварцевой лампы, помещаются в термостат и под них подкладывается фильтровальная бумага. После прогрева конденсаторы по одному вынимаются из термостата и место под ними на фильтровальной бумаге тщательно осматривается. Если есть пятно пропитывающего состава, то конденсатор негерметичный.

4-14. ОКРАСКА КОНДЕНСАТОРОВ

Для защиты металлического корпуса конденсатора от коррозии они окрашиваются краской. Кроме этого, окраска конденсаторов в металлических корпусах преследует декоративную цель — создание товарного вида изделия.

Для окраски конденсаторов в настоящее время применяется пентафталева эмаль № 64-к (ТУ МХП ЯН-63-58) или ее заменители: эмаль пентафталева ПФ-64, эмаль пентафталева ПФ-68 (ГОСТ 6465-63).

Пентафталева эмаль № 64-к разработана специально для окраски конденсаторов. Свойства пентафталевой эмали № 64-к приведены в § 2-10.

Окраска конденсаторов пентафталевой эмалью в зависимости от особенностей конструкции конденсаторов и наличия технологического оборудования может производиться тремя способами: методом окунания, методом пульверизации и ручным способом — кистью.

Для получения однородного слоя необходимой толщины и достаточной плотности окраску производят дважды с раздельной сушкой каждого слоя покрытия. Конденсаторы, поступающие на участок окраски, должны быть тщательно обезжирены.

Прежде чем начать окраску конденсаторов, необходимо правильно подготовить краску. Правильное приготовление краски имеет большое значение для получения качественного покрытия.

Прежде всего полученную эмаль тщательно перемешивают обычной краскомешалкой. Если температура эмали ниже $+15^{\circ}\text{C}$, то ее необходимо перед загрузкой в краскомешалку выдержать в комнатных условиях или слегка подогреть до температуры $18\text{--}20^{\circ}\text{C}$. В краскомешалке эмаль перемешивается $25\text{--}35$ мин, а при подготовке краски в небольших количествах ($2\text{--}3$ кг) перемешивание можно производить вручную в течение $10\text{--}15$ мин.

После перемешивания берут пробу эмали, процеживают через сито (или через 4 слоя марли) и определяют вязкость при помощи воронки ВЗ № 4. Если необходимо, эмаль разбавляют уайт-спиритом до получения нужной вязкости.

При окраске окунанием вязкость должна быть 35 ± 5 сек для первого покрытия и 30 ± 5 сек для второго покрытия, при окраске пульверизатором вязкость должна быть $60\text{--}100$ сек, при окраске кистью $120\text{--}150$ сек. При значительном отклонении температуры в помещении от нормальной норма вязкости должна быть несколько изменена. Следует заметить, что при окраске пульверизатором вязкость эмали выбирается в зависимости от диаметра сопла, например, для сопла диаметром $2\text{--}2,5$ мм рекомендуется вязкость $60\text{--}80$ сек, а для диаметра $0,9$ мм $80\text{--}100$ сек.

При разбавлении эмали уайт-спиритом сначала разбавляют заранее известное небольшое количество эмали методом последовательных проб, доводя ее до нужной вязкости. Определяют необходимое количество уайт-спирита для данного количества эмали, а затем пересчитывают на все весовое количество приготавливаемой эмали.

Затем установленное количество уайт-спирита добавляют в эмаль и тщательно перемешивают в краскомешалке в течение $1,5\text{--}2$ ч (вручную $25\text{--}30$ мин при ко-

личестве краски не более 2—3 кг). После перемешивания берется проба краски, процеживается через сито, определяется ее вязкость не менее 2 раз и вычисляется среднее значение. Если вязкость краски окажется больше заданной, то производится повторное разбавление краски, если меньше, то к краске добавляется чистая эмаль. После этого производится перемешивание и повторное определение вязкости. Приготовленную краску процеживают через сито. Эмаль готова к употреблению.

При окраске ручным способом на рабочем месте должно быть приспособление с рейкой, на которую подвешиваются конденсаторы с предварительно одетыми на изолятор специальными зажимами, ванночка с краской и кисть. Рабочее место должно быть оборудовано вытяжной вентиляцией.

Конденсатор берется за зажимы в руки и покрывается равномерным слоем эмали кисточкой. При этом закрашка контактных поверхностей выводов конденсаторов (лепестков и т. д.) не допускается, а закрашка изоляторов допустима в соответствии с чертежами на изделие. После окраски конденсатор подвешивается на рейку.

При подвешивании конденсаторов на рейку следует следить, чтобы конденсаторы между собой не соприкасались. Рейки с окрашенными конденсаторами переносятся в сушильное устройство.

При окраске конденсаторов методом пульверизации рабочее место должно быть оборудовано хорошей вытяжной вентиляцией и желательно водяной завесой. Руки работающего должны быть защищены резиновыми перчатками.

Перед началом окраски конденсаторов в бачок пульверизатора (рис. 4-21) заливается краска и проверяется качество распыления пробной пульверизацией. Давление сжатого воздуха, подводимого к пульверизатору, для нормального распыления краски должно быть не ниже 4,2 атм при диаметре сопла 2,5 мм и не ниже 3—4 атм при диаметре сопла 0,9 мм.

Конусообразная струя распыленной пентафталевой краски направляется на поверхности конденсатора, подлежащие окраске, до получения ровного слоя эмали. Окрашенные конденсаторы подвешиваются на рейку и помещаются в сушильное устройство,

Окраска конденсаторов методом окунания является самым производительным и экономичным методом и производится на специальных машинах (рис. 4-22).

Перед работой на машине необходимо хорошо размешанную готовую краску залить в специальную ванну машины до уровня, указанного отметкой, и в случае необходимости предварительно произвести регулировку

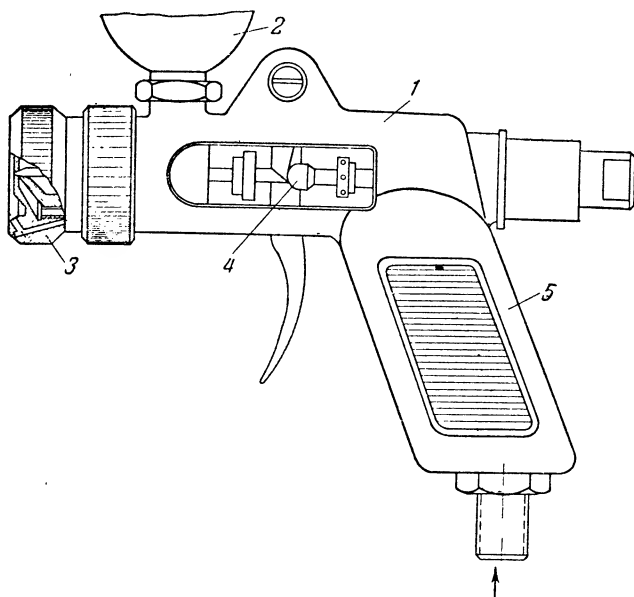


Рис. 4-21. Устройство пульверизатора.

1 — корпус; 2 — бачок; 3 — форсунка; 4 — регулятор; 5 — рукоятка.

расположения полочки для конденсаторов в зависимости от их габаритов. Затем взять свободную рейку для подвески конденсаторов и вложить ее в гнезда подвижной рамы. Готовые для окраски конденсаторы подвесить за один лепесток на крючки рейки. Подвешивать за один лепесток, а не за два, необходимо для лучшего стекания излишка краски и более удобного снятия капли кисточкой.

Далее производится сама окраска сразу всех подвешенных на рейку конденсаторов, количество которых определяется их габаритами. Нажатием ножной педали

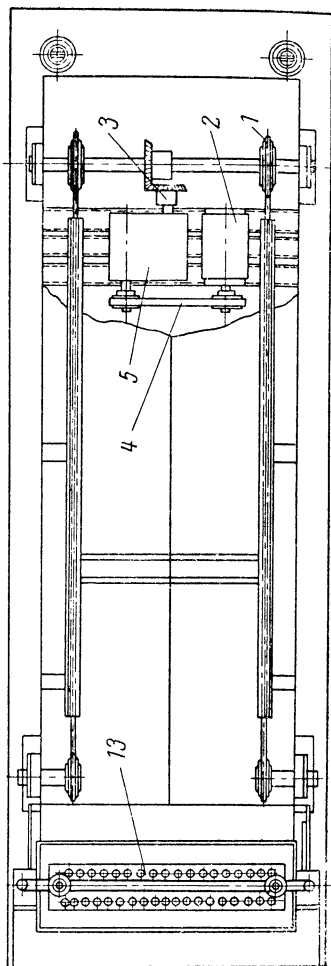
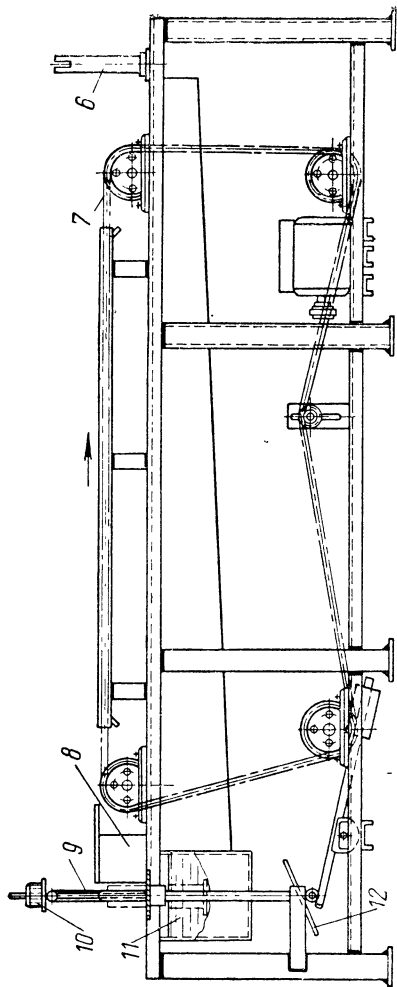


Рис. 4-22. Машина для окраски оку-
нанием.

1 — звездочка; 2 — электродвигатель; 3 — ременная передача; 4 — коническая зубчатая передача; 5 — редуктор; 6 — подставка для снятия капли краски с конденсаторов; 7 — транспортер цепной для реек с окрашенными конденсаторами; 8 — направляющие планки; 9 — рама подвижная для рейки с конденсаторами; 10 — гайка, регулирующая глубину погружения конденсаторов в краску; 11 — бак с краской; 12 — ножная педаль, управляющая погружением конденсаторов в краску, с противовесом; 13 — полочка.

рейка с конденсаторами опускается в ванну с краской на такую глубину, чтобы контактные поверхности лепестков были незакрашенными. Необходимо следить, чтобы конденсаторы во время окунания в ванну располагались вертикально, т. е. стояли на полочке. После окраски конденсаторов ножная педаль отпускается, столтик поднимается из ванны с краской и рейка с конденсаторами подвешивается на цепной транспортер машины. Далее окрашивается следующая партия конденсаторов.

По мере необходимости включается привод транспортера и рейки с подвешенными конденсаторами перемещаются дальше вдоль машины, освобождая место для подвески на транспортере следующих реек с окрашенными конденсаторами. После заполнения транспортера рейками с конденсаторами, через 10—15 мин после окраски первой группы конденсаторов оператор переходит на другую сторону машины. Здесь оператор снимает кисточкой подтеки краски в нижней и верхней части каждого конденсатора, устанавливая рейки на специальную подставку. После этого рейка с конденсаторами снимается с транспортера и перевешивается в подвижной стеллаж.

4-15. СУШКА ОКРАШЕННЫХ КОНДЕНСАТОРОВ

Для получения качественных покрытий с хорошей адгезией к корпусу каждый слой нанесенной пентафталевой эмали должен быть высушен с соблюдением всех необходимых технологических требований.

На окрашенной поверхности конденсаторов не должно наблюдаться значительных подтеков, просветов, вздутий и царапин. Слой эмали не должен иметь посторонних включений: металлических частиц, грязи, волос от кисти и т. п. Выводы и контактные поверхности, согласно соответствующим чертежам, должны быть свободны от краски. Цвет, оттенок и равномерность покрытия должны соответствовать утвержденным образцам. Допускаются на швах и острых углах конденсаторов некоторое ослабление пигментации покрытия, незначительные подтеки краски, не портящие внешний вид конденсатора, незначительные сколы и царапины краски в виде точек площадью до 0,5 мм², но не более 3.

Сушка окрашенных конденсаторов осуществляется

в сушильном шкафу с паровым подогревом или в лучах инфракрасного излучения.

Самым простым и распространенным в производстве является способ сушки конденсаторов в сушильных шкафах с парообогревом (рис. 4-23). Перед загрузкой конденсаторов в сушильный шкаф следует удалить все загрязнения со стен, потолка и пола шкафа. При загрузке в шкаф окрашенных конденсаторов следует смотреть, чтобы конденсаторы не соприкасались между собой. После загрузки дверцы шкафа закрываются, включаются подогрев и вентиляция.

Температура сушки должна быть порядка $60-70^{\circ}\text{C}$, время сушки первого покрытия должно быть 4—5 ч, а второго покрытия 8—9 ч. По истечении времени сушки выключаются обогрев шкафа и вентиляция и конденсаторы выдерживаются 1—1,5 ч до охлаждения их до температуры $25-30^{\circ}\text{C}$.

Если производилась сушка первого слоя покрытия, то рейки с конденсаторами транспортируются на рабочее место для вторичной покраски, а если производилась сушка второго слоя покрытия, то на рабочее место для снятия защитных приспособлений.

При сушке покрытий в лучах инфракрасного излучения перед сушкой необходимо проверить и подготовить установку к эксплуатации. Прежде всего необходимо убедиться в исправности и правильном расположении ламп в зависимости от заданной температуры сушки. Эта схема прилагается к инструкции по обслуживанию.

Если лампы все исправны и правильно расположены, то прежде всего надо включить вытяжную вентиляцию и открыть заслонку на вытяжном воздуховоде установки. Затем включаются накал ламп и электродвигатель конвейера. После некоторого времени прогрева необходимо проверить температуру в камере и отрегулировать ее так, чтобы на всем протяжении пути конвейера при прохождении конденсаторов температура нагрева их не превышала 100°C на поверхности конденсатора.

Подгонка температуры производится путем изменения интенсивности воздухообмена и в случае необходимости при помощи изменения количества ламп и размещения их по зонам камеры. Для повышения точности отсчета температуры термопара должна быть помещена

на поверхности конденсатора и окрашена эмалью того же цвета, что и конденсатор.

После подготовки установки рейки с окрашенными конденсаторами подвешивают к штангам конвейера по

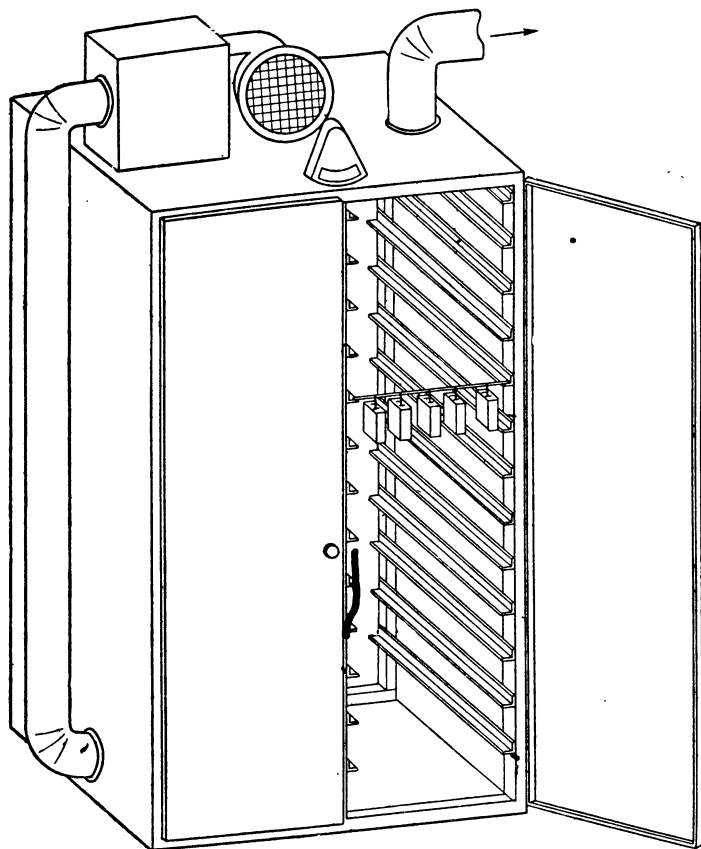


Рис. 4-23. Шкаф для сушки окрашенных конденсаторов.

мере его движения, при этом необходимо обращать особое внимание на прочность крепления рейки к штанге и на правильность расположения рейки относительно звездочек, поддерживающих цепь конвейера. Сушатся конденсаторы в установке в течение 1 ч 45 мин — 2 ч 30 мин в зависимости от наладки установки и их габаритов.

За последнее время лампы в некоторых конструкциях заменяются металлическими излучателями инфракрасных лучей в результате нагрева их излучающей поверхности от температуры 350—400°С. Такие излучатели так называемого темного излучения излучают инфракрасные лучи с длиной волны до 5 мк, которые в одинаковой мере проникают через краски различных цветов. Сушка в этом случае происходит в течение того же времени, что и при ламповом нагреве, но экономически она значительно выгоднее.

4-16. МАССОВЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СЛЮДЯНЫХ КОНДЕНСАТОРОВ

При массовом производстве слюдяных низковольтных конденсаторов (как и стеклоэмалевых) приходится проводить очень много измерений различных электрических параметров конденсаторов: емкости, сопротивления изоляции, тангенса угла диэлектрических потерь, температурного коэффициента емкости и др. А такой параметр, как например, величина емкости, определяется у каждого конденсатора.

Измерение тангенса угла диэлектрических потерь и температурного коэффициента емкости очень затруднительно из-за самой природы этих величин, сложности применяемых приборов и методов измерения. Измерение большинства параметров проводится при высокой частоте, что также усложняет проведение массовых измерительных операций.

К точности проводимых измерений предъявляются весьма высокие требования, которые растут из года в год в связи с выпуском более качественных изделий.

Все это создает ряд специфических особенностей при проведении массовых измерений электрических параметров конденсаторов.

Основной особенностью является то, что в результате этих измерений обычно представляет интерес не абсолютное значение измеряемой величины, а ее процентное отклонение от номинальной величины или только установление отличия измеряемой величины от установленного предела. Эти пределы устанавливаются соответствующими ГОСТ или ТУ для каждого типа конденсатора. Например, при установлении емкости конденса-

тора определяют не абсолютное значение, а только процент отклонения от номинальной величины, и на основании этого конденсатор относится к той или иной группе емкости ($\pm 2\%$; $\pm 5\%$; $\pm 10\%$; $\pm 20\%$) согласно установленным в Советском Союзе классам точности емкости конденсаторов. При рассортировке по величине сопротивления изоляции и тангенсу угла диэлектрических потерь только определяют, отличается ли величина измеряемого параметра конденсатора от установленного предела, на основании чего конденсатор признают либо годным, либо негодным.

Следовательно, при массовых измерениях надо отдать предпочтение таким методам измерения, в которых не надо определять абсолютные значения измеряемой величины, а можно сразу установить процент отклонения измеряемого параметра конденсатора от номинальной величины или определить, больше или меньше его значение от заданного предела.

В том случае, когда все же приходится производить какие-либо вычисления, следует по возможности произвести их предварительно, а при непосредственных измерениях пользоваться уже составленными таблицами. В производственной практике такие таблицы носят название калибровочных таблиц или калибровочных карт. Например, при рассортировке конденсаторов по величине процентного отклонения емкости от номинального значения на группы $\pm 2\%$, $\pm 5\%$, $\pm 10\%$, $\pm 20\%$ на приборе с отсчетом в абсолютных значениях величины емкости (*нф* или *мкф*) должна быть составлена таблица (калибровочная карта), в которой заранее вычислены пределы отклонения емкости в пико- или микрофарадах для каждой процентной группы каждого номинала емкости. При составлении таких таблиц необходимо учитывать точность измерения.

Вообще измерения технические, и тем более в условиях массового производства, производятся с точностью, ограниченной определенными требованиями, что позволяет пользоваться менее сложными приборами, более простыми методами и, что самое главное, производить измерения значительно быстрее.

Точностью показания измерительного прибора называется степень достоверности результата сравнения данного показания прибора с показаниями образцового из-

мерительного прибора. Точность показаний измерительного прибора оценивается путем указания пределов погрешности.

Погрешности делятся на абсолютные и относительные. Погрешность абсолютная выражается в единицах измеряемой величины, а относительная — отвлеченным числом или в процентах.

Абсолютной погрешностью показаний прибора (d) называется разность между показанием прибора ($B_{\text{п}}$) и действительным значением измеряемой величины ($B_{\text{д}}$):

$$d = B_{\text{п}} - B_{\text{д}}.$$

Относительные погрешности бывают нескольких видов: действительная, номинальная и приведенная. Действительной относительной погрешностью называется погрешность, выраженная в процентах от действительного значения измеряемой величины (действительного показания прибора):

$$d_{\text{д}} = \frac{d}{B_{\text{д}}} \cdot 100.$$

Номинальной относительной погрешностью называется погрешность, выраженная в процентах от номинального значения меры или от показания измерительного прибора:

$$d_{\text{н}} = \frac{d}{B_{\text{н}}} \cdot 100.$$

Приведенной относительной погрешностью измерительного прибора называется погрешность, выраженная в процентах от верхнего предела шкалы ($B_{\text{в.п}}$):

$$d_{\text{п}} = \frac{d}{B_{\text{в.п}}} \cdot 100.$$

Часто в массовых измерениях пользуются другой величиной — поправкой. Поправка равна погрешности, взятой с обратным знаком. Поправкой (C) называется величина, которая должна быть алгебраически прибавлена к показанию прибора, чтобы получить действительное значение измеряемой величины. Следовательно,

$$C = -d \text{ или } C = B_{\text{д}} - B_{\text{п}}.$$

При массовых измерениях параметров конденсаторов представляет наибольший интерес номинальная относительная погрешность, так как обычно измеряется тот или иной номинал или процентное отклонение от него.

Однако в описаниях приборов для измерения емкости приводится иногда только приведенная погрешность прибора. В этом случае необходимо определить номинальную погрешность во всех интересующих точках.

При массовых измерениях не надо забывать о том, что измерение должно происходить с учетом точности прибора, на котором проводятся измерения. Это особенно важно при вторичной проверке рассортированных конденсаторов.

Пример 1. При рассортировке конденсаторов по емкости на приборе, имеющем погрешность $\pm 2\%$, в группу с допуском $\pm 10\%$ по ГОСТ или ТУ должны направляться конденсаторы, имеющие на этом приборе отклонения емкости от номинальной в пределах $|\pm 10\%| - |\pm 2\%| = |\pm 8\%|$.

Конденсаторы, имеющие измеряемую величину в пределах допусков ГОСТ или ТУ плюс-минус погрешность прибора, могут вторично рассортировываться на приборах, имеющих меньшую погрешность, но рассортировка опять должна производиться с учетом погрешности прибора.

Пример 2. При рассортировке в примере 1 конденсаторы, имеющие емкость в пределах от $\pm 8\%$ до $\pm 12\%$, могут быть вторично рассортированы на приборе, имеющем погрешность $\pm 1\%$, и в этом случае в группу $\pm 10\%$ по ГОСТ или ТУ должны быть направлены конденсаторы, имеющие отклонение емкости от номинальной в пределах $|\pm 10\%| - |\pm 1\%| = |\pm 9\%|$.

Проверка точности сортировки конденсаторов (выборочной или сплошной) работниками ОТК должна вестись на приборе, имеющем погрешность измерения не более той, с которой производилась основная рассортировка. При этом к группе годных относятся только те конденсаторы, которые укладываются в пределах группы ГОСТ или ТУ минус погрешность прибора $(-10\%) - (2\%) = -8\%$ или $(+10\%) - (+2\%) = +8\%$; к группе забракованных относятся только те конденсаторы, которые лежат за пределами группы ГОСТ или ТУ плюс погрешность прибора $(-10\%) + (-2\%) = -12\%$ или $(+10\%) + (+2\%) = +12\%$. Конденсаторы, имеющие при проверке точности сортировки измеряемую величину в пределах группы ГОСТ или ТУ плюс-минус погрешность прибора, для установления точности сортировки должны быть вторично проверены на том приборе, на котором проводилась рассортировка, и по показаниям этого прибора к той или иной группе.

Пример 3. Проверка точности сортировки по примерам 1 и 2 должна вестись на приборе, имеющем погрешность не более $\pm 1\%$.

К годным относятся конденсаторы, лежащие в пределах $|\pm 10\%| - |\pm 1\%| = |9\%|$, к негодным относятся конденсаторы, лежащие за пределами $|\pm 10\%| + |\pm 1\%| = |\pm 11\%|$. Конденсаторы, лежащие в пределах от ± 9 до $\pm 11\%$, вторично проверяются на том приборе, на котором рассортировывались, и согласно его показаниям относятся к соответствующей группе.

Рассматривая особенности массовых измерений, нельзя оставить в стороне вопрос о самой измерительной аппаратуре, о всей совокупности технических средств, которыми непосредственно осуществляется процесс измерения параметров конденсаторов.

При измерении любого параметра конденсатора и любой физической величины происходит сравнение их с другой однородной величиной, условно принятой за единицу измерения. Это сравнение осуществляется обычно при помощи различных измерительных приборов-устройств, служащих для прямого или косвенного сравнения измеряемой величины с единицей измерения.

В массовом производстве более выгодно применять прямые измерения, при которых значения измеряемой величины получаются непосредственно. Такие измерения осуществляются приборами, которые дают значение измеряемой величины, соответствующее моменту измерения, определяемое визуально по его отсчетным приспособлениям. Эти приборы делятся на приборы с непосредственным отсчетом и с наводкой. Первые применять целесообразнее, так как они позволяют получить значение измеряемого параметра конденсатора без каких-либо дополнительных действий, кроме подключения измеряемого конденсатора к прибору. Приборы с наводкой требуют еще некоторых манипуляций с ними для получения значения измеряемого параметра.

Для массовых измерений емкости при рассортировке конденсаторов на группы по процентному отклонению емкости от номинальной желательно иметь прибор со шкалой, проградуированной непосредственно в процентах отклонения от номинального значения измеряемой емкости, а не в абсолютных значениях (пико- или микрофарадах). Это освобождает от составления калибровочных карт и значительно убыстряет измерения.

Приборы для массовых измерений должны быть сравнительно просты, надежны в работе, допускать длительную непрерывную эксплуатацию в течение не менее 8 ч, а желательно 16 ч и более.

Немаловажными являются также малогабаритность и дешевизна приборов для массовых измерений.

Кроме мер и измерительных приборов, при проведении массовых измерений часто применяются различные измерительные приспособления, создающие надлежащие условия и облегчающие или ускоряющие измерения.

При изготовлении приспособлений следует следить за тем, чтобы они были сделаны с соблюдением требований измерительной техники к конструкции и качеству материалов. При применении измерительных приспособлений следует в каждом случае устанавливать величину дополнительной погрешности, вносимой ими, и соответственно корректировать погрешности и рабочий диапазон измерения того прибора, с которым измерительное приспособление применяется. При применении измерительных приспособлений необходимо также следить за тем, чтобы они применялись только на тех измерительных операциях и только с теми приборами, для которых данное измерительное приспособление предназначено.

При измерении емкости слюдяных конденсаторов, имеющих выводы в виде проволочек, применяются измерительные приспособления, выполненные из красномедной проволоки диаметром 1,5—2,5 мм.

Емкость такого приспособления может быть иногда соизмерима с величиной емкости измеряемого конденсатора и поэтому следует ее учитывать при проведении измерений на приборах, иначе может быть получена значительная дополнительная погрешность.

Необходимо сказать, что при массовых измерениях должна быть организована четкая, технически грамотная эксплуатация измерительных средств. Необходимо следить за тем, чтобы все измерения на любом приборе производились строго по рабочей инструкции для данного прибора, а приборы находились в надлежащем порядке и чистоте. Один экземпляр рабочей инструкции должен обязательно находиться на том участке, где используется данный прибор или группа однотипных приборов. Необходимо также следить за тем, чтобы все приборы имели аттестаты периодической проверки согласно установленной форме и чтобы эти аттестаты хранились непосредственно при приборе. Следует также следить за тем, чтобы приборы применялись только на тех измерительных операциях, для которых они предна-

значены. Измерительные приспособления должны применяться только утвержденных конструкций и с теми приборами, для которых разрешено их применение. Для сохранности и длительной нормальной эксплуатации прибора следует производить планово-предупредительный ремонт.

Все меры и контрольно-измерительные приборы должны проходить обязательно государственную или ведомственную поверку. В период между ведомственными поверками осуществляется периодическая поверка эксплуатируемых средств, которая осуществляется самим предприятием.

Несколько отдельно следует рассмотреть ряд вопросов, относящихся к механизации и автоматизации измерительных операций.

Одной из основных особенностей массовых измерений параметров конденсаторов является огромное количество однотипных измерений, имеющих большой удельный вес во всем технологическом процессе. Для осуществления этих измерений требуется многочисленный квалифицированный персонал, большое число измерительных приборов и большие производственные помещения. Кроме того, неавтоматизированный процесс измерения параметров конденсаторов отнимает очень много времени, значительно удлиняя тем самым технологический цикл производства.

Применение автоматических контрольно-измерительных устройств способствует в результате повышения объективности контроля повышению качества и надежности продукции, а также уменьшению брака, сокращению рабочей силы, использованию контролеров более низкой квалификации, сокращению количества необходимых измерительных приборов, сокращению заводских площадей, необходимых для размещения контрольных пунктов, лучшей организации поточных и автоматизированных линий, повышению производительности основного оборудования.

Экономический эффект от внедрения в производство автоматических контрольно-измерительных устройств бывает обычно весьма значительным. Экономический эффект от повышения объективности контроля, от устранения ошибок контролера, вызванных его неопытностью, утомляемостью и т. д., является наибольшим по сравне-

нию с другими видами экономии, хотя его количественное выражение часто бывает затруднительным. Ввиду дефицитности и большой стоимости измерительных средств весьма значительная экономия получается за счет сокращения числа необходимых измерительных приборов.

Экономический эффект от автоматического контроля всегда значительно превышает затраты на автоматизацию контроля, которые обычно компенсируются в течение 3—4 месяцев.

При организации автоматического контроля, при разработке специальных измерительных средств следует добиваться того, чтобы контрольные операции не нарушали ритма производства, а стоимость их была бы достаточно малой.

Опыт работы ряда автоматических измерительных устройств показал, что они способны проводить надежный и объективный контроль с точностью не меньшей, чем универсальная измерительная аппаратура при значительном увеличении производительности контрольных операций, когда контролю подвергаются изделия массового или крупносерийного производства и когда контролируются одновременно несколько электрических параметров.

Из различных средств автоматизированного контроля в массовом производстве предпочтительно выбирать те, у которых автоматизированы не только собственно измерительные операции, но и вспомогательные операции. Такими вспомогательными операциями при контроле являются операции подключения измерительного объекта к измерительной схеме, операции загрузки изделий в автоматическое измерительное устройство, операции выгрузки и направления изделия в соответствующий результатам контроля приемник.

Задача автоматизации контроля в массовом и крупносерийном производстве облегчается тем, что в большинстве случаев нет необходимости определять абсолютную величину контролируемого параметра, а требуется только установить, соответствует ли контролируемый параметр техническим условиям или ГОСТ, т. е. находится ли он в пределах заданных допусков.

Соответствие контролируемого параметра обычно надежно и точно устанавливается методом сравнения с об-

разцовым значением параметра, чаще всего равным номиналу. В результате сравнения выделяется сигнал ошибки, пропорциональный разности сравниваемых величин, т. е. пропорциональный заданному техническими условиями или ГОСТ допуску. Этот сигнал служит для оценки годности объекта по контролируемому параметру. Сигнал ошибки выделяется в различных автоматических измерительных устройствах в виде амплитуды напряжения, полярности напряжения, частоты и т. д.

Поскольку сортировку в зависимости от результатов измерения также надо производить автоматически, то оценка сигнала ошибки, как правило, осуществляется с помощью схем с релейным выходом. Сигнал с реле далее поступает на исполнительный орган, который производит направление контролируемого изделия в соответствующий приемник.

Подобный автомат описан в § 4-19. Этот автомат предназначается для контроля слюдяных конденсаторов типа КСО-1, КСО-2 и КСО-5 по электрической прочности, сопротивлению изоляции и для определения отклонения емкости от номинальной по классам точности (± 4 , ± 10 и $\pm 20\%$). Конденсаторы других типов также могут проверяться на автоматах аналогичных конструкций или вручную в зависимости от степени автоматизации производства.

Проверка тангенса угла потерь, температурного коэффициента емкости производится вручную на отдельных приборах, так как осуществить проверку этих параметров автоматически затруднительно, хотя попытки этого в настоящее время уже делаются.

Кроме проверки электрических параметров слюдяных конденсаторов на выходном контроле, они проверяются перед маркировкой.

Некоторые приборы, применяемые для проверки перечисленных электрических параметров слюдяных конденсаторов различных типов, описаны в следующем разделе.

Кроме рассмотренных измерений электрических параметров конденсаторов в процессе их изготовления, у готовых конденсаторов проводится определение устойчивости их характеристик, как механических, так и электрических, в нормальных и критических условиях их работы. Эти испытания называются типовыми и проводят-

ся раз в квартал, а также при изменении технологии производства и при замене одного материала другим. При этом определение электрических параметров в критических условиях производится при помощи приборов, предназначенных для измерения тех же параметров в нормальных условиях, и специальных измерительных приспособлений и испытательных установок, создающих отличные от нормальных условия испытаний.

Испытательными установками в данном случае могут быть термостат, барокамера, камера холода, камера влаги и вибростенды, обеспечивающие создание крайних значений рабочих температур, соответствующих предельно допустимым значениям давления окружающей среды, предельной влажности и т. п.

Все испытания обычно проводятся лабораторией ОТК. Кроме этого, для каждого типоразмера как слюдяных, так и стеклоэмалевых конденсаторов проводятся периодические испытания по определению их надежности в работе, определяется их вероятность отказа за определенный срок работы. Эти испытания проводятся по специальной программе в лабораториях, оборудованных испытательными стендами.

4-17. МАРКИРОВКА СЛЮДЯНЫХ КОНДЕНСАТОРОВ

После изготовления все конденсаторы должны иметь соответствующую маркировку, т. е. на их поверхности должны быть обозначены необходимые сведения. В зависимости от типа конденсатора эти сведения могут быть несколько различными, но обычно они включают в себя товарный знак завода-изготовителя, условное название типа конденсатора, указание номинальной величины емкости, допуска отклонения емкости от номинальной величины, рабочего напряжения, группы ТКЕ, года и месяца выпуска конденсатора.

Маркировка конденсаторов осуществляется различными способами. Наиболее распространенными в конденсаторостроении являются два способа маркировки: краской и плавлением пластмассовой поверхности горячим металлическим клеймом. Первым способом маркируются слюдяные конденсаторы типов КСГ, ССГ, СГМ, стеклоэмалевые конденсаторы ККС, КС и т. д. Вторым способом маркируются опрессованные в пластмассу конденсаторы КСО, КСОТ.

Для маркировки конденсаторов краской обычно используют специальную маркировочную машинку. Реже применяются ручные штемпеля при маркировке малых серий конденсаторов.

Перед работой маркировочная машинка (рис. 4-24) должна быть настроена и соответствующим образом подготовлена. Рама 6 накладывается на металлическую пластину, затем в раме при помощи прокладок 4 и вин-

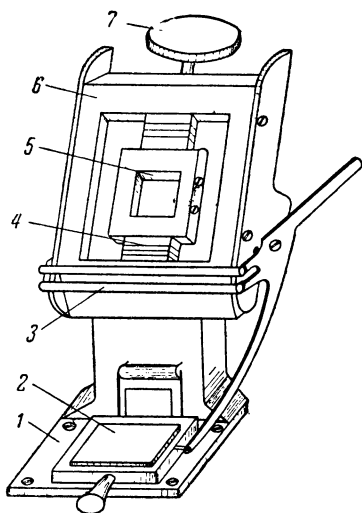


Рис. 4-24. Маркировочная машинка.

товой распорки укрепляется колодка 5 с клише. Подготовленная рама с клише вставляется в паз в корпусе машинки 1 и закрепляется винтом. После этого на диск наносится кисточкой краска, которая при повороте диска валиками 3 равномерно распределяется по диску. При этом необходимо проследить, чтобы клише при прокатывании по нему красящих валиков 3 равномерно покрывались краской. Затем регулируется положение подушки 2 таким образом, чтобы при нажиме на клише на ней получился четкий хороший отпечаток, после

чего подушка окончательно закрепляется винтами.

При необходимости во время настройки отпечаток краски на подушке смывается при помощи чистой тряпочки, смоченной спирто-бензиновой смесью.

Прежде чем приступить к маркировке конденсаторов, производится проба оттиска на листе бумаги. Оттиск дает представление о правильности настройки машинки. Если оттиск хороший, приступают к маркировке конденсаторов.

Конденсатор накладывается на отпечаток на подушке и прижимается. Необходимо следить, чтобы конденсатор накладывался на подушку плоскостью, указанной на чертеже, и за качеством и правильностью располо-

нения оттиска. Для получения хорошего оттиска совершенно не требуется длительного и сильного нажима конденсатора на подушку, а также нажима подушки на клише.

Во время работы отпечаток клише время от времени смывается с подушки спирто-бензиновой смесью, само клише также необходимо через небольшие промежутки времени протирать сначала тряпкой, смоченной в спирто-бензиновой смеси, а затем сухой.

Если на конденсаторе получился неразборчивый или слабый оттиск, то его необходимо тут же смыть спирто-бензиновой смесью и снова маркировать. После работы нажимная подушка и красящие валики должны быть промыты и протерты. Также необходимо не реже одного раза в неделю вращающиеся (скользящие) поверхности машинки смазывать маслом.

Для предохранения маркировки от механических повреждений ту сторону конденсатора, на которую нанесена маркировка, покрывают тонким ровным слоем цапонлака при помощи пульверизатора.

Перед началом работы в бачок пульверизатора необходимо налить цапонлак. Затем открыть кран воздушной магистрали и проверить качество распыления на листе бумаги. Давление сжатого воздуха должно быть порядка 4—4,5 ат. Конденсаторы КСГ, ССГ и им подобные укладывают в тару в один слой замаркированной стороной кверху так, чтобы боковые стороны не касались друг друга, и помещают в вытяжную кабину, где наносится цапонлак на все конденсаторы сразу.

Конденсаторы СГМ покрываются цапонлаком по одному. Для этого работница берет рукой, защищенной резиновой медицинской перчаткой (ГОСТ 3-63), конденсатор за вывод и помещает его перед пульверизатором в вытяжной кабине.

При работе необходимо следить, чтобы на покрываемой поверхности не было местных вздутий пентафталевой краски, которые могут быть из-за нанесения слишком большого количества цапонлака или неравномерного разбрызгивания.

Из-за загрязнения лака может получаться пестрога покрываемой поверхности, поэтому необходимо следить, чтобы распылитель был правильно отрегулирован, а бачок и пульверизатор были чистыми.

По окончании работы необходимо каждый раз сливать остатки цапонлака из бачка в общий сосуд, а сам пульверизатор промывать растворителем.

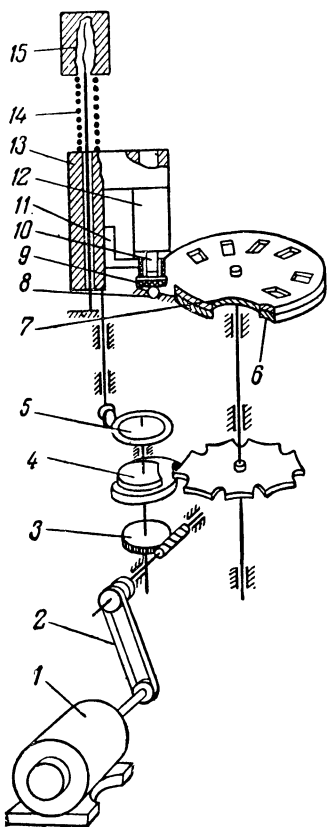


Рис. 4-25. Кинематическая схема полуавтомата горячей маркировки конденсаторов КСО.

Конденсатор 9 под клеймо и устанавливает его на сферическую опору 8, центр которой строго совпадает с геометрической осью клейма 10. В свою очередь геометрическая ось клейма совпадает с центром давления группы наносимых на конденсатор обозначений (цифр и букв).

Так как цапонлак представляет собой огнеопасную легкоиспаряющуюся жидкость, то при работе с ним необходимо соблюдать все правила пожаро- и взрывобезопасности, предусмотренные соответствующими противопожарными инструкциями.

Маркировка конденсаторов, опрессованных в пластмассу, производится горячим способом — вдавливанием металлического клейма, разогретого до $200\text{—}350^\circ\text{C}$, в пластмассу.

В настоящее время эта операция осуществляется на специально для этой цели разработанных полуавтоматах. Описание работы и принцип действия этого полуавтомата легко понять из кинематической схемы, приведенной на рис. 4-25. Электрическая схема полуавтомата приведена на рис. 4-26.

Конденсаторы, подлежащие маркировке закладываются в транспортирующий диск 7, приводимый в движение от электродвигателя 1, через систему передач 2, 3 и мальтийский механизм 4. Диск движется прерывисто, с выстоями. Во время движения диск перемещает кон-

Это достигается за счет строго определенного и рассчитанного расположения знаков на клейме.

В момент выстоя диска клеймо 10, жестко связанное с нагревателем 12 и ползуном 13, опускается под дейст-

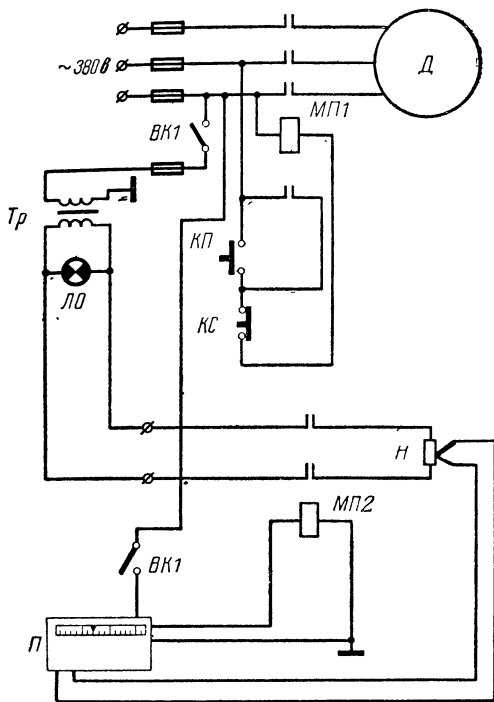


Рис. 4-26. Электрическая схема полуавтомата горячей маркировки конденсаторов КСО.

Тр — трансформатор понижающий 220/36 в; КП — кнопка «пуск»; КС — кнопка «стоп», МП1, МП2 — магнитные пускатели; Д — электрический двигатель; ВК1, ВК2 — выключатели; ЛО — лампа освещения; Н — нагреватель; П — регулятор температуры типа МРЩПР-53 с хромель-копелевой термомпарой.

вием пружины 14 на поверхность конденсатора и углубляется в пластмассу на 0,2—0,3 мм. Больше чем на 0,3 мм клеймо углубляться не может из-за ограничителя 11. Торец ограничителя выше торца клейма на 0,3 мм, и ограничитель жестко связан с ползуном 13. Ползун 13

приводится в движение кулачком 5 через шток. Отмаркированные конденсаторы снимаются с диска оператором. Производительность при маркировке конденсаторов (с одной стороны) за 7 ч работы полуавтомата с коэффициентом использования 0,75 составляет 14 000.

Перед началом работы нужное маркировочное клеймо вставляется в нагреватель и закрепляется в нем болтом. При помощи выключателя, расположенного на боковой поверхности полуавтомата, включается нагреватель и маркировочное клеймо прогревается в течение 5—10 мин до 200—350° С. Температура контролируется по пирометру, расположенному на стойке или стене перед полуавтоматом. Когда температура клейма достигнет нужной величины, следует проверить качество маркировки на нескольких конденсаторах.

При настройке полуавтомата необходимо следить за тем, чтобы центр опорного шарика располагался на геометрической оси клейма. Если этого не будет, то может получиться смещение знаков или неполная маркировка. Смещение знаков при сохранении четкой и полной маркировки может происходить также из-за сдвига транспортирующего диска. Недостаточность давления клейма или низкая температура нагревателя может быть причиной нечеткой маркировки. Пережог пластмассы и изменение ее цвета происходит из-за высокой температуры клейма.

4-18. ВЫХОДНОЙ КОНТРОЛЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СЛЮДЯНЫХ КОНДЕНСАТОРОВ

После маркировки все типы слюдяных конденсаторов подвергаются выходному контролю ОТК. Выходной контроль предусматривает проверку как выборочную, так и 100%-ную по тем или иным электрическим параметрам в зависимости от типа слюдяного конденсатора и соответствующих требований ГОСТ или ТУ.

Проверке электрической прочности на выходном контроле подвергаются все 100% конденсаторов любого типа, так же как и проверке соответствия маркировке величины емкости и допустимого процентного отклонения ее. По сопротивлению изоляции, тангенсу угла потерь и величине ТКЕ производится при выходном контроле как выборочная, так и 100%-ная проверка в зависимости от

типа конденсатора и важности той или иной характеристики для данной конструкции.

Контроль электрических параметров слюдяных конденсаторов, которые выпускаются в очень больших количествах, требует много времени, большого числа приборов, больших производственных площадей и большого штата контролеров. Поэтому были сделаны попытки автоматизировать выходной контроль электрических параметров, в первую очередь самого массового конденсатора типа КСО. Эта попытка увенчалась успехом. Был создан полуавтомат для выходного контроля по проверке электрической прочности, величины сопротивления изоляции, а также для определения отклонения емкости от номинальной по классам точности (± 5 , ± 10 и $\pm 20\%$) для слюдяных конденсаторов типа КСО-1, КСО-2 и КСО-5.

Опыт разработки и эксплуатации автомата показал, что автомат способен производить надежный и объективный контроль с точностью не меньшей, чем на универсальной измерительной аппаратуре, при значительном увеличении производительности.

Конденсаторы различных типоразмеров проверяются без перенастроек автомата, кроме обычной настройки на заданный номинал. Контроль правильности рассортировки по классам точности осуществляется настройкой полуавтомата на каждую из трех групп емкости ± 5 , ± 10 , $\pm 20\%$ в зависимости от необходимости. Настройка блока емкости производится по эталонам, комплект которых придается полуавтомату. Полуавтомат выпускается для рассортировки конденсаторов по емкости в пределах от 100 до 1000 *нф* и от 1000 до 10 000 *нф*. Созданы также аналогичные полуавтоматы выходного контроля слюдяных конденсаторов КСО-6, КСО-7, КСО-8, стекложемалевых КС-1, КС-2 и др. Точность измерения емкости соответственно $\pm(0,01 C + 1 \text{ нф})$ и $\pm 1\%$.

Конденсаторы сортируются по величине сопротивления изоляции на годные и негодные по норме 10 000 *Мом* с точностью $\pm 20\%$. Испытание электрической прочности производится напряжением постоянного тока 500 *в* и 1000 *в*. Точность установки испытательного напряжения $\pm 5\%$. Производительность автомата за смену 12—14 тысяч. Автомат включается в сеть трехфазного тока

напряжением 220 в. Габаритные размеры $1240 \times 450 \times 1120$ мм.

Полуавтомат КВК-4 включает в себя ряд механических и электрических узлов: 1) двухцепной транспортер, на котором располагаются колодки захватов и контактирующая система; 2) редуктор, несущий на выходной оси звездочку цепной передачи, связывающей его с транспортером; 3) блок измерения емкости; 4) блок измерения сопротивления изоляции; 5) блок испытания

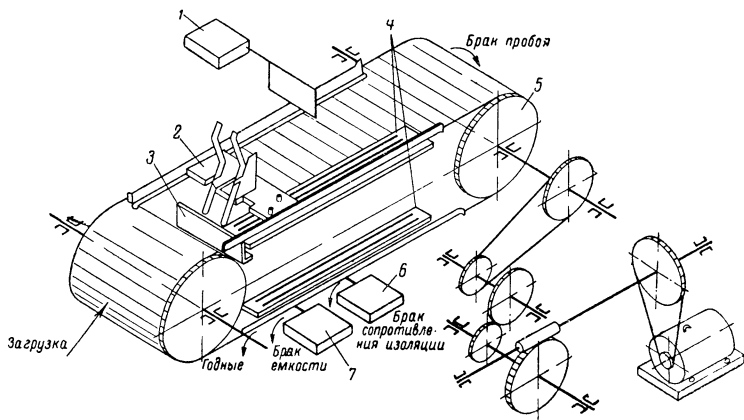


Рис. 4-27. Кинематическая схема полуавтомата КВК-4.

1 — исполнительный электромагнит с заслонкой; 2 — захват; 3 — упор, открывающий захват; 4 — токосъемные шины; 5 — звездочка; 6, 7 — исполнительные электромагниты с заслонками.

электрической прочности; 6) электромагнитный испытательный блок; 7) пусковой блок.

Все узлы полуавтомата смонтированы на каркасе, выполненном из углового железа. Полуавтомат приводится в действие от электродвигателя трехфазного тока напряжением 220 в, мощностью 0,25 ква, с числом оборотов 1440 об/мин. Принцип взаимодействия узлов ясен из кинематической схемы (рис. 4-27).

Двухцепной транспортер несет на себе 28 колодок захватов 2, имеющих два устойчивых положения — открытое и закрытое. В каждый захват (рис. 4-28) загружается один конденсатор, подлежащий проверке. Верхняя часть транспортера служит для испытания на электрическую прочность и для разрядки после испытания,

нижняя — для измерения сопротивления изоляции и измерения емкости. Подключение измеренных конденсаторов к соответствующим измерительным схемам осуществляется при помощи щеток захватов 2, скользящих по специальным токосъемным шинам 4. Токосъемные шины через штеккерные разъемы и зажимы соединяются с аппаратурой.

Загрузка конденсаторов в захват осуществляется через загрузочное окно. Конденсатор закладывается в от-

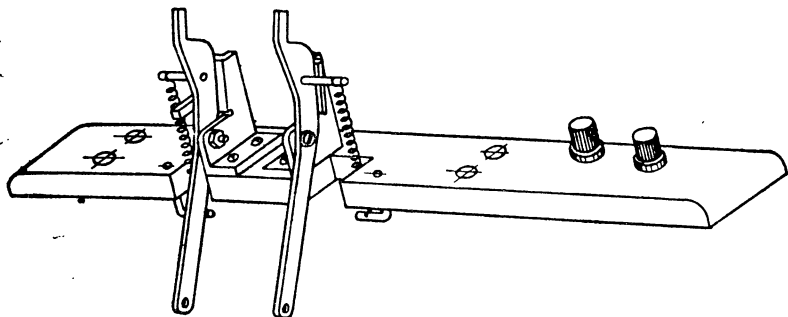


Рис. 4-28. Захват полуавтомата KBK-4.

крытый захват, который подводится к месту загрузки транспортером. Захват, двигаясь вместе с транспортером, находит нижними концами на упор 3 и закрывается. Когда захват закрыт, при помощи пружин захвата на выводах конденсатора создается давление, необходимое согласно требованиям ГОСТ для осуществления измерительных операций.

Захват, продолжая свое непрерывное движение вместе с транспортером, щетками находит на токосъемные шины. Токосъемные шины разделены на отдельные участки. На первом участке происходит подзарядка конденсатора испытательным напряжением. При дальнейшем движении транспортера щетка захвата поступает на измерительный участок шины, где и происходит испытание электрической прочности.

В случае нарушения электрической прочности (пробоя) срабатывает исполнительный электромагнит 1, расположенный над измерительным участком шины. Заслонка электромагнита откидывается и встает на пути движения захвата. Верхние концы захвата находят на

эту заслонку, и захват открывается. При дальнейшем движении щетки захваты попадают на участок шин, где происходит разряд конденсатора, и при изгибе цепного транспортера на звездочке под воздействием силы тяжести он выпадает из открытого захвата в ящик брака.

Годные по электрической прочности конденсаторы в закрытых захватах минуют этот изгиб и поступают на участок измерения сопротивления изоляции. Испытание конденсаторов по сопротивлению изоляции начинается на участке подзаряда конденсатора. Далее конденсатор вместе с захватом переходит на другой участок нижней токосъемной шины, где происходит замер сопротивления изоляции. Под токосъемной шиной находится исполнительный электромагнит. В случае дефектного по величине сопротивления изоляции конденсатора этот электромагнит срабатывает, захват при движении открывается и негодный конденсатор выпадает из захвата под действием силы тяжести в ящик брака по сопротивлению изоляции.

Захваты с годными конденсаторами проходят дальше, попадают на участок разряда и затем на участок измерения величины емкости. На этом участке также расположен электромагнит, который в случае брака по емкости срабатывает, открывает захват, и конденсатор из захвата выпадает в ящик брака по емкости.

Если же конденсатор годен, то он в закрытом захвате проходит дальше, где по ходу цепного транспортера стоит упор, на который находят верхние концы захвата, благодаря чему в этом месте все захваты открываются и годные конденсаторы выпадают в ящик годных по всем параметрам конденсаторов.

Открытые захваты подходят в таком положении к загрузочному окну уже готовыми для приема следующих конденсаторов.

После осуществления выходного контроля все слюдяные конденсаторы передаются на операцию упаковки.

4-19. ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КОНДЕНСАТОРОВ

В этом разделе описаны некоторые приборы для измерения электрических параметров слюдяных конденсаторов, таких как емкость, сопротивление изоляции, тан-

тангенс угла диэлектрических потерь, температурный коэффициент емкости, температурная стабильность емкости, для испытания электрической прочности и т. п. Большинство этих приборов может быть также использовано для измерения аналогичных параметров стеклоэмалевых и стеклокерамических конденсаторов.

а) Мост типа МЛЕ-1 предназначается для измерения емкости и тангенса угла диэлектрических потерь конденсаторов в диапазоне частот от 400 до 10 000 гц прямым методом и методом замещения.

Пределы измерения емкости прямым методом от 100 пф до 1,1 мкф, а методом замещения от 1 до 1 000 пф.

Пределы измерения $\operatorname{tg} \delta$ прямым методом 0,0001—0,56, а методом замещения $0,00005 \frac{C_{01}}{C_x} - 0,56 \frac{C_{01}}{C_x}$, где C_{01} — емкость по отсчетным приспособлениям без измеряемого конденсатора.

Погрешность при измерении емкости прямым методом не превышает $\pm M \times 2$, или 0,2% от всей шкалы (M — множитель диапазонов), методом замещения ± 2 пф.

Погрешность при измерении $\operatorname{tg} \delta$ прямым методом не превосходит $\pm (0,02 \operatorname{tg} \delta + 0,0005)$, а методом замещения $\pm (0,02 \operatorname{tg} \delta + 0,0001 \frac{C_{01}}{C_x})$.

В качестве источника питания прибора может быть использован любой отдельный генератор с частотой от 400 до 10 000 гц. Шкала прибора $\operatorname{tg} \delta$ 100 проградуирована при частоте 1 000 гц. При измерениях на других частотах следует отсчет $\operatorname{tg} \delta$ для получения истинного значения умножить на коэффициент $A = \frac{f}{1\,000}$.

Наиболее подходящими являются генераторы ЗГ-2А или ЗГ-4 и любой индикатор с входным сопротивлением не менее 1 Мом и с регулировкой чувствительности до 10 мв.

Принцип работы прибора МЛЕ-1 основан на мостовом методе измерения. Мостовая схема собрана как четырехплечевой мост Шеринга (рис. 4-29) и является уравновешенной, т. е. отсчет измеряемых величин емкости и тангенса угла диэлектрических потерь производит-

ся в момент баланса моста, когда ток в измерительной диагонали равен нулю.

Измеряемые величины определяются по следующим формулам:

$$C_x = \frac{R_1}{R_2} C_0; \quad \operatorname{tg} \delta = R_1 \omega C_1.$$

Как видно из приведенных соотношений, измерение $\operatorname{tg} \delta$ зависит от частоты.

Весь прибор помещается в деревянном корпусе с передней алюминиевой панелью, на которой выведены все ручки управления и зажимы для подключения генератора, индикатора и измеряемого конденсатора (рис. 4-30).

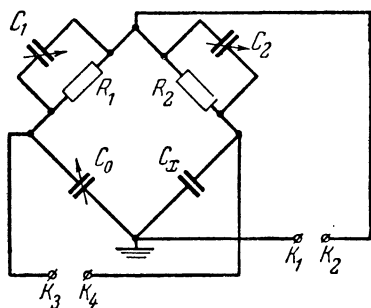


Рис. 4-29. Принципиальная схема моста МЛЕ-1.

Между зажимами C_x и переключателем «метод» расположен колпачок, закрывающий отверстие для доступа к подстроечному конденсатору. Контакты C_x для удобства подключения измеряемого конденсатора имеют один изолированный и два неизолированных зажима — неподвижный и подвижный. К прибору прилагаются экранированные шланги для подключения индикатора и генератора.

Перед началом измерений необходимо соединить с заземляющим проводом один из зажимов прибора, отмеченных буквой З. Само заземление должно быть выполнено качественно, иначе могут быть ошибки в измерениях из-за помех от наводок. Присоединить при помощи экранированного шланга к зажимам «генератор» генератор звуковой частоты, а к зажимам «индикатор» индикатор баланса моста. Выводы шлангов, помеченные буквой З, следует соединять с зажимами, также помеченными буквой З. Хотя мост и позволяет измерять на частоте от 400 до 10 000 гц, обычно измерения ведутся на частоте 1 000 гц. Эту частоту и следует установить на

генераторе, предварительно подготовив его согласно инструкции по эксплуатации данного типа генератора. На выходе генератора должно быть установлено напряжение около 15 в. Индикатор баланса моста также должен быть подготовлен согласно инструкции. После проведения всех перечисленных операций и прогрева всего прибора в целом в течение 10—15 мин можно приступить к измерениям.

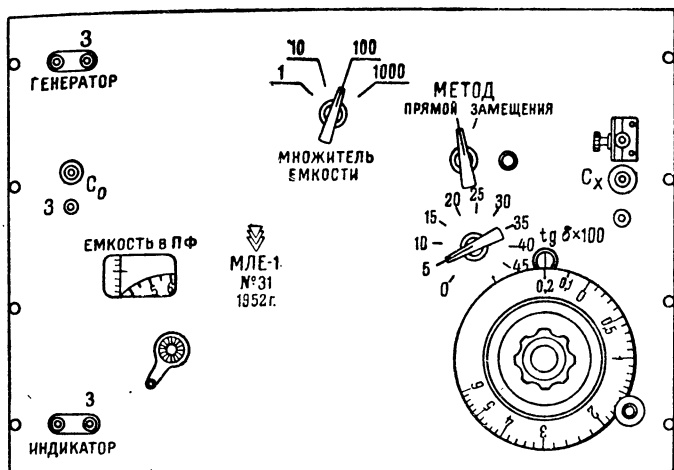


Рис. 4-30. Передняя панель прибора МЛЕ-1.

При измерениях прямым методом переключатель «метод» следует поставить в положение «прямой» и присоединить измеряемый конденсатор к зажимам C_x (рис. 4-30). В тех случаях, когда измеряемый объект имеет один заземленный вывод или вывод, соединенный с экраном или корпусом, их необходимо подсоединить к зажиму 3. При подключении измеряемого конденсатора следует использовать более короткие провода, ибо емкость этих проводов будет суммироваться с измеряемой емкостью, что может вызвать иногда значительную погрешность измерения. Если величина $\text{tg } \delta$ измеряемого конденсатора невелика, то переключатель пределов измерения $\text{tg } \delta$ поставить в положение 0. Когда величина

на измеряемой емкости ориентировочно известна, то переключатель «множитель емкости» ставится в соответствующее положение, если же величина измеряемой емкости совершенно неизвестна, то следует установить индикатор баланса на минимальную чувствительность и найти такое положение переключателя «множитель емкости», при котором неравновесие моста будет наименьшим. После этого, вращая сначала ручкой «емкость в $n\phi$ », затем ручкой с надписью « $\text{tg } \delta \times 100$ », сбалансировать мост.

Следует заметить, что балансировку моста надо производить именно в таком порядке, а не наоборот и что ручкой «емкость в $n\phi$ » следует производить более тщательную настройку, чтобы получить острую настройку ручкой « $\text{tg } \delta \times 100$ ». При отсчете делений по барабану и диску «емкость в $n\phi$ » следует помнить, что к делениям по барабану прибавляются деления, отсчитанные на диске. Измеряемая емкость определяется по следующей формуле:

$$C_x = (MC - 1,5)n\phi,$$

где C — произведенный выше отсчет; M — показание переключателя «множитель емкости»; $1,5\ n\phi$ — это собственная емкость зажимов, которую следует принимать во внимание только при измерении малых емкостей.

При отсчете значения $\text{tg } \delta$ следует суммировать показания переключателя с показаниями лимба « $\text{tg } \delta \times 100$ ». Произведенный отсчет будет выражать значения $\text{tg } \delta$ измеряемого конденсатора в процентах.

При измерениях методом замещения следует переключатель «метод» поставить в положение «замещение», переключатель «множитель емкости» в положение « $\times 1$ », а к зажимам C_x подключить конденсатор постоянной или переменной емкости. Емкость подключаемого конденсатора должна быть по крайней мере на $100\ n\phi$ больше емкости измеряемого конденсатора, а $\text{tg } \delta$ не должен превышать $10 \cdot 10^{-4}$. Затем сбалансировать мост в той же последовательности, как это указывалось при измерении прямым методом, и произвести отсчет C_1 и $\text{tg } \delta_1$.

После этого присоединить измеряемый образец к зажимам C_0 и снова сбалансировать мост, после чего про-

известн отсчет C_2 и $\operatorname{tg} \delta_2$. Измеряемые величины C_x и $\operatorname{tg} \delta_x$ определяются по следующим формулам:

$$C_x = C_1 - C_2;$$

$$100 \operatorname{tg} \delta_x = \frac{C_1}{C_1 - C_2} (\operatorname{tg} \delta_2 - \operatorname{tg} \delta_1).$$

При измерении конденсаторов с малыми потерями можно производить измерения методом замещения при положении ручки переключателя метода в положении «прямой», используя при этом отрицательные деления шкалы « $\operatorname{tg} \delta \times 100$ ». В этом случае $\operatorname{tg} \delta_2$ будет меньше $\operatorname{tg} \delta_1$ и $\operatorname{tg} \delta_x$ определится по формуле

$$100 \operatorname{tg} \delta_x = -\frac{C_1}{C_1 - C_2} (\operatorname{tg} \delta_1 - \operatorname{tg} \delta_2).$$

Также можно производить измерения методом замещения в положении «прямой» переключателя с надписью «метод», если имеется образцовый конденсатор переменной емкости больше 100 нф. Все измеряемые конденсаторы с емкостью, меньшей емкости образцового конденсатора, измеряются методом замещения при помощи этого образцового конденсатора при условии, что разность между максимальной величиной емкости образцового конденсатора и емкости измеряемого конденсатора не более 100 нф. Образцовый конденсатор переменной емкости в положении максимальной емкости подключается в этом случае к зажимам C_x и производится уравнивание моста, как указывалось выше. Затем следует подключить параллельно внешнему образцовому конденсатору измеряемый конденсатор, и емкость образцового конденсатора выводится до уравнивания моста. В этом случае измеряемые величины определяются по следующим формулам:

$$C_x = C_{вн1} - C_{вн2};$$

$$100 \operatorname{tg} \delta_x = \frac{C_{вн1}}{C_{вн1} - C_{вн2}} (\operatorname{tg} \delta_2 - \operatorname{tg} \delta_1),$$

где $C_{вн1}$ и $C_{вн2}$ — первый и второй отсчеты по внешнему образцовому конденсатору. При таком использовании внешнего образцового конденсатора точность измерения

емкости будет определяться погрешностью только самого образцового конденсатора.

При эксплуатации прибора следует следить за чистотой керамических изоляторов зажимов C_x и C_0 , не касаться их руками, периодически промывать чистым спиртом и затем просушивать, так как загрязненные изоляторы приводят к неверным показаниям $\lg \delta$.

б) Мост типа 204 для измерения емкости является в основном лабораторным, но может с успехом применяться в качестве контрольного прибора в цеховых условиях и измерять незаземленные и заземленные емкости

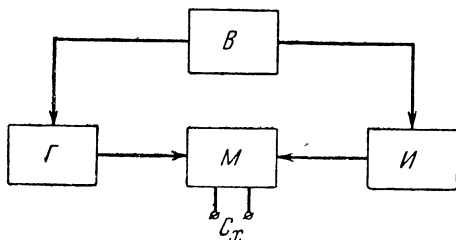


Рис. 4-31. Блок-схема моста 204.

Γ — генератор с частотой 800 гц; M — собственно мостовая схема; I — индикатор с головным телефоном на выходе; B — выпрямитель.

в пределах от 0,01 $n\phi$ до 1 $мк\phi$ на частоте 800 гц. Мост может быть также использован для измерения разности емкостей двух конденсаторов. Весь предел измерения разбит на пять диапазонов. При измерениях от 0,01 до 0,1 $n\phi$ погрешность не превышает $\pm 0,01 n\phi$, при измерениях от 0,1 до 1 $n\phi$ — $\pm 0,05 n\phi$. При измерениях от 1 до 100 $n\phi$ погрешность измерения не превосходит $\pm 0,2 n\phi$; при измерениях от 100 $n\phi$ до 0,1 $мк\phi$ — $\pm 0,2\%$; при измерениях от 0,1 до 1 $мк\phi$ — $\pm 0,5\%$. Необходимо учитывать смещение нулевой точки при измерениях очень малых емкостей (до 1 $n\phi$). Питание моста осуществляется от сети переменного тока 120 или 220 в, с частотой 50 гц. Колебания напряжения сети питания прибора $\pm 10\%$ не сказываются на работе прибора. Потребляемая прибором мощность около 60 вт.

Мост 204 состоит из трех основных частей: генератора с частотой 800 гц, мостовой схемы, нуль-индикатора и выпрямителя (рис. 4-31).

Собственно мостовая схема представляет собой уравновешенный простой мост на переменном токе (рис. 4-32).

Измеряемый параметр Z_x определяется из соотношения

$$Z_x = \frac{Z_2}{Z_1} Z_0,$$

где Z_x и Z_0 — однородные емкостные сопротивления; Z_1 и Z_2 — дроссельный делитель напряжения.

Весь мост экранирован, так что независимо от того, заземлен или не заземлен измеряемый объект, измерения производятся с одинаковой точностью.

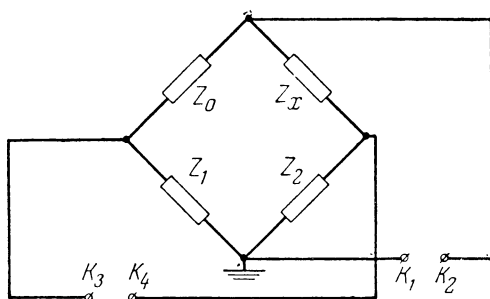


Рис. 4-32. Принципиальная схема моста 204.

Z_1 , Z_2 , Z_0 , Z_x — плечи моста; K_1 , K_2 — зажимы для подключения индикатора; K_3 , K_4 — зажимы для подключения генератора.

Конструктивно прибор оформлен в одном металлическом корпусе. На верхнюю панель выведены все ручки настройки и другие рабочие элементы (рис. 4-33). К прибору для подключения измеряемых объектов прилагаются два специальных экранированных проводника постоянной длины, емкость которых и сопротивление определены и учтены при конструировании прибора.

Перед началом работы прибор необходимо заземлить и следует проверить, заземлен или не заземлен измеряемый объект, и в зависимости от этого следует металлическую перемычку на приборе поставить в левое или правое положение. Левое положение — «без земли», правое — «заземлено». Неэкранированные объекты из-

мерения, величина емкости которых не может быть определена однозначно и зависит от их положения по отношению к окружающим предметам, целесообразно однополюсно заземлить. Измеряемый конденсатор подключается с помощью двух экранированных соединительных кабелей к измерительным гнездам *a* и *m*, при-

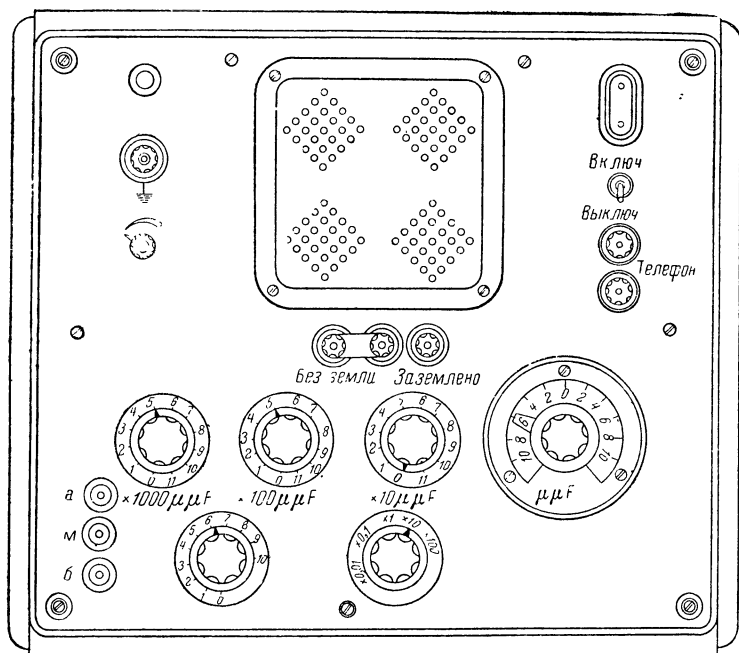


Рис. 4-33. Передняя панель моста 204.

чем, если один вывод конденсатора заземлен, то он должен быть подключен к измерительному гнезду *m*. Регулятор чувствительности (в левой стороне передней панели) ставится в среднее положение. Если величина измеряемого конденсатора совершенно неизвестна, то ручка переключателя пределов ставится в положение « $\times 100$ », и, вращая ручки настройки, добиваются минимального тона звука в телефоне. Настройку следует начинать с большей декады, обозначенной « $\times 1000$ », а затем переходить к следующим, одновременно вращая

фазовый регулятор из нулевого положения вправо до отказа. Если при этом минимальный тон не достигается, то вышеописанная настройка повторяется в положении переключателя пределов « $\times 10$ » или « $\times 1$ ». Точная настройка производится при помощи конденсатора переменной емкости. Результат измерения отсчитывается по шкалам декад « $\times 1000$ », « $\times 100$ », « $\times 10$ » и шкале конденсатора переменной емкости с учетом множителя, указываемого переключателем пределов. При отсчете следует учитывать, что при положении стрелки конденсатора переменной емкости влево от нуля его показания надо вычитать от общих показаний, а при положении вправо от нуля, наоборот, прибавлять. Для измерения емкости меньше 1 нф следует переключатель декад « $\times 1000$ », « $\times 100$ », « $\times 10$ » поставить в нулевое положение, а переключатель пределов поставить в положение « $\times 0,01$ » или « $\times 0,1$ » в зависимости от величины измеряемой емкости и уравнивание моста производить только при помощи поворота ручек переменного конденсатора и фазового компенсатора. Следует заметить, что из-за наличия гармоник может прослушиваться в телефоне дополнительный тон. В этом случае следует регулятор чувствительности повернуть в сторону уменьшения до тех пор, пока в телефоне будет слышима только одна частота измерительного тока без гармоник. На этом приборе можно измерить разность емкостей двух конденсаторов до $10\,000\text{ нф}$. В этом случае один вывод каждого конденсатора подсоединяется к гнездам a и b при помощи экранированных кабелей, а два других присоединяются к гнезду m . Переключатель множителя ставят в положение « $\times 1$ » и переключателями декад стремятся добиться минимального тона в звуковом индикаторе. Одновременно с этим производится регулировка по фазе. Если не удастся достигнуть минимального тона, то меняют местами включение конденсаторов к гнездам a и b . Отсчет производится так же, как и в предыдущем случае измерения. Из двух сравниваемых между собой конденсаторов наибольшую емкость имеет тот, который оказывается подключенным к гнездам a и m . При уравнивании разности емкости меньше 10 нф уравнивание моста происходит при помощи конденсатора C при одновременном вращении регулятора фазы. В этом случае конденсатор с большей

емкостью подключен к измерительным гнездам a и m , если указатель находится слева от нуля.

в) Прибор типа ИЕ-2 предназначен для измерения емкости малых величин от 0,2 до 1 000 $nф$, отсчет производится прямо по шкалам в единицах измеряемой величины. Это обстоятельство позволяет измерять на приборе достаточно быстро. Прибор с успехом может применяться в цеховых условиях для замера емкости слюдяных конденсаторов и может быть использован как образцовый прибор при проведении поверочных работ, так как погрешность измерения не превышает $\pm (0,005C + 0,2) nф$.

Одним из достоинств прибора является его способность работать круглосуточно. Весь диапазон измерения от 0,2 до 1 000 $nф$ разбит на пять поддиапазонов: от 0,2 до 210 $nф$; от 200 до 410 $nф$; от 400 до 610 $nф$; от 600 до 810 $nф$; от 800 до 1 000 $nф$. Частота измерительного тока 465 $кГц$. Положительным свойством прибора является также высокая чувствительность (0,1 $nф$) визуального электронно-лучевого индикатора. Прибор питается от сети 127 или 220 $в$ и работает при температуре окружающей среды $20 \pm 5^\circ C$ и относительной влажности воздуха до 80%. Потребляемая прибором мощность порядка 30 $вт$.

В описываемом приборе использован резонансный метод измерения. При изменении емкости в контуре генератора будет изменяться генерируемая им частота. Эта частота сравнивается с фиксированной постоянной частотой другого генератора (гетеродина). Разность этих двух частот фиксируется при помощи электронно-лучевого или звукового индикатора. При подключении измеряемой емкости она оказывается включенной параллельно емкости контура генератора, составленной из ряда конденсаторов постоянной емкости и конденсатора переменной емкости. Суммарная емкость контура изменяется, и, следовательно, изменяется его частота и становится отличной от частоты гетеродина. Индикатор фиксирует эту разницу частот.

Уменьшая переменную емкость в контуре генератора, добиваются исчезновения разницы между частотой гетеродина и генератора.

Конструктивно прибор оформлен в одном металлическом корпусе. На передней панели расположены шкалы,

экран электронно-лучевого индикатора, ручки управления и зажимы (рис. 4-34).

Перед работой следует поставить выключатель прибора в положение «включено». Дать прибору прогреться в течение 2—3 мин и после этого отрегулировать при помощи соответствующих ручек на передней панели прибора «яркость» и «фокус» линии на экране электрон-

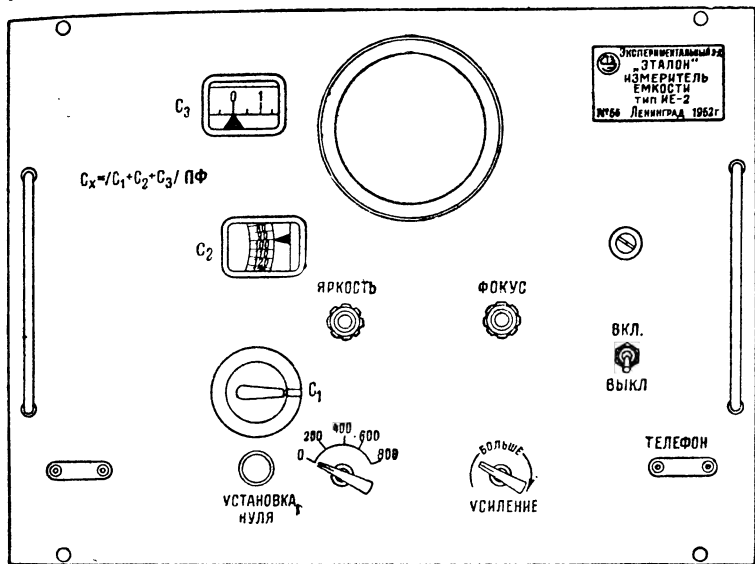


Рис. 4-34. Передняя панель прибора ИЕ-2.

но-лучевой трубки индикатора. Поставить переключатель C_1 в положение 0. Установить нуль на шкалах C_2 и C_3 так, чтобы указатель на шкале C_2 находился против верхней риски нуля. При нулевом положении всех трех шкал на экране индикатора должна появиться прямая тонкая вертикальная черта достаточной яркости. Если черта размыта или бледная, то снова поворачивая ручки «фокус» и «яркость», добиться прежней яркости и четкости черты. В целях удлинения срока службы электронно-лучевой трубки не следует давать излишнюю яркость. Если на экране индикатора вместо прямой линии получились различные фигуры, то необходимо под-

строить емкость в контуре генератора при помощи подстроечного конденсатора. Для этого необходимо отвернуть глухую гайку, под которой имеется надпись «установка нуля», и, вставив в шлиц отвертку, повернуть ее вправо или влево до тех пор, пока на экране индикатора не появится тонкая вертикальная черта, после чего снова завернуть глухую гайку.

Для облегчения настройки можно пользоваться головным телефоном, который включается в гнезда «телефон». Однако окончательная настройка должна производиться по электронно-лучевой трубке индикатора, так как этим методом можно получить более точную настройку. Ручка усиления должна быть в среднем положении и при необходимости ее поворачивают несколько вправо или влево. При подключении измеряемого конденсатора к зажимам C_x надо помнить, что правый зажим заземлен, и, если измеряемый конденсатор имеет один вывод, соединенный с корпусом, то его следует соединить с правым зажимом. При подключении измеряемого конденсатора прямая черта на экране должна исчезнуть. Если прямая черта осталась, то, значит, измеряемый конденсатор не лежит в данном диапазоне и необходимо переключатель C_1 поставить в то положение, при котором черта исчезнет. Если черта на всех положениях C_1 не исчезнет, то это указывает либо на неисправность прибора, либо на то, что емкость измеряемого конденсатора более предела измерения прибора. Если черта исчезает, то надо найти такое положение переключателя C_1 , при котором расширение фигуры наибольшее, что указывает на принадлежность измеряемого конденсатора к данному диапазону. Затем, вращая ручку измерительного конденсатора, добиться снова вертикальной черты на экране индикатора и произвести отсчет. Отсчет производится одновременно по всем трем шкалам согласно формуле, написанной в верхней левой части передней панели прибора.

Иногда можно получить фальшивую черту на экране индикатора при большой разбалансировке прибора, когда переключатель C_1 стоит не на том диапазоне, в котором лежит измеряемая емкость, что достаточно легко обнаружить по потере чувствительности прибора.

При подключении к прибору каких-либо измерительных приспособлений необходимо произвести настройку

нуля прибора вместе с ними. Хотя прибор годен к употреблению через 2—5 мин после включения его в сеть, все же следует через 1—2 ч работы, а в начале работы и чаще проверять установку нуля. Если требуется произвести измерение возможно более точно, то проверку нуля следует сделать непосредственно перед измерением. Погрешность измерения может также возникнуть от резкого и большого изменения величины питающего напряжения сети (более $\pm 10\%$).

г) Прибор для измерения емкости типа ППРК-1 предназначается для массовой разбраковки конденсаторов по проценту отклонения емкости измеряемого конденсатора от номинальной. Диапазон измеряемых конденсаторов лежит в пределах от 10 до 100 000 пф. Отсчетное приспособление позволяет вести разбраровку одновременно на несколько групп: $\pm 5\%$, $\pm 10\%$, $\pm 20\%$, $\pm$ брак. Точность измерения процента отклонения измеряемой емкости от номинальной не превышает $\pm 1\%$ при тангенсе угла потерь испытуемого конденсатора не более $\pm 1\%$ и точность в установке номинального значения емкости при помощи вспомогательного образцового магазина также не превосходит $\pm 1\%$; следовательно, общая точность измерения $\pm 2\%$. Частота измерительного тока равна 20 000 гц на диапазоне от 10 до 1 000 пф и 1 000 гц на диапазоне от 1 000 до 100 000 пф. Питание прибора осуществляется от сети переменного тока напряжением 127 и 220 в. Колебание напряжения в пределах $\pm 10\%$ не сказывается на нормальной работе прибора и не снижает его точности.

Метод измерения, используемый в описываемом приборе, заключается в следующем: напряжение определенной частоты подается на последовательно соединенные известную и измеряемую емкости и по величине напряжения на известной емкости определяется сама измеряемая емкость (рис. 4-35).

Конструктивно прибор смонтирован в одном металлическом корпусе. Все органы управления выведены на переднюю панель (рис. 4-36).

После включения прибора ему необходимо дать прогреться в течение 10 мин. Переключатель пределов измерения установить в положение в зависимости от предполагаемой емкости измеряемого конденсатора. Ручкой «установка входного напряжения» установить стрелку

прибора, фиксирующего подаваемое напряжение на измерительный блок, на специальную риску. Установить стрелку допускового прибора на положение механического нуля при помощи ручки «установка нуля». Поставить переключатель «контроль—работа» в положение

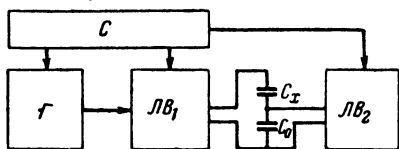


Рис. 4-35. Блок-схема прибора ППРК-1.

G — генератор с частотой 1 000 и 20 000 гц; C — стабилизатор напряжения; $ЛВ_1$ — ламповый вольтметр входного напряжения, $ЛВ_2$ — ламповый вольтметр выходного напряжения; C_0 — образцовая емкость; C_x — измеряемая емкость.

«контроль» и затем, перемещая переключатель в положение 0, —5%, +5%, проверить соответствие точек на шкале допускового прибора. Если стрелка допускового прибора при проверке в положении 0 окажется смещенной относительно отметки 0 на шкале, то необходимо ручкой «установка 0%» устано-

вить стрелку точно на 0. После проверки поставить переключатель «контроль — работа» в положение «работа». Далее к приспособлению для включения измеряемого конденсатора необходимо подключить специальный конденсатор, соответствующий тому номиналу, относительно которого будет вестись разбраковка и, изменяя значение вспомогательного магазина емкостей, установить стрелку допускового прибора на 0. При этом необходимо учитывать следующее соотношение:

$$C_x = 10 \text{ } n\phi + C_m,$$

где C_m — показание вспомогательного магазина емкости; C_x — емкость конденсатора, относительно которого будет вестись разбраковка.

Такая настройка производится тогда, когда нужно разбраковывать с повышенной точностью или когда емкость разбраковываемых конденсаторов лежит в пределах от 10 до 100 $n\phi$. Если же погрешность разбраковки может достигать $\pm 2\%$, то нужное номинальное значение емкости надо установить на вспомогательном магазине, соответственно учитывая вышеприведенную формулу, не прибегая к внешнему специальному конденсатору. Когда настройка закончена и прибор готов к работе, измеряемый конденсатор необходимо подключить к приспособ-

соблению и по шкале допускового прибора отсчитать процент отклонения емкости его от номинального. В процессе работы следует периодически проверять установку входного напряжения на риску, установку нуля и установку «0%» допускового прибора.

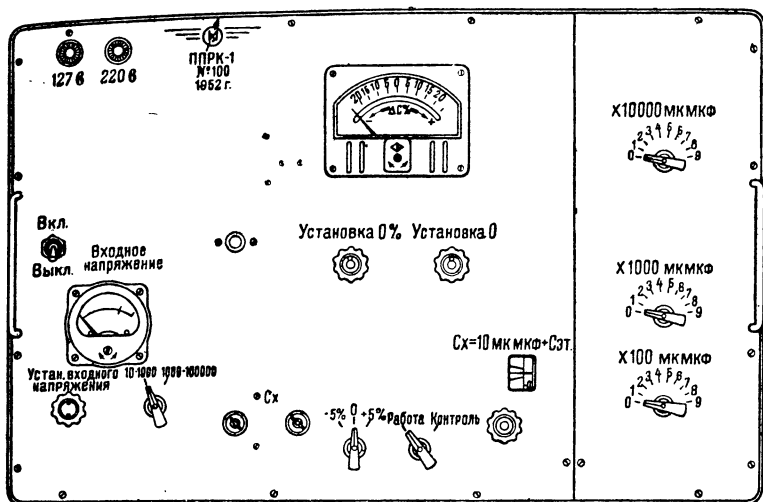


Рис. 4-36. Передняя панель прибора ППРК-1.

При работе на приборе типа ППРК-1 можно пользоваться и другими измерительными приспособлениями, кроме приданных к прибору, учитывая погрешность, вносимую в измерение новыми приспособлениями. Погрешность измерения $\delta\%$ за счет междуконтактных емкостей может быть определена из следующей зависимости:

$$\delta = \frac{C_0 \Delta C}{C(C + C_0)} \cdot 100 [\%],$$

где C_0 — междуконтактная емкость; C — емкость конденсатора, относительно которого ведется разбраковка; ΔC — абсолютное значение емкости, на которую отличается испытуемый конденсатор от заданного.

Междуконтактная емкость приданного приспособления 0,2—0,3 нф.

д) Прибор типа СВ-151 предназначен для измерения емкости в цеховых условиях массового производства конденсаторов и позволяет рассортировать конденсаторы на группы по величине процентного отклонения емкости их от номинальной. В зависимости от настройки прибора можно производить рассортировку на группы: $\pm 2\%$, $\pm 5\%$, $\pm 10\%$, $\pm 20\%$ до 50% включительно.

Прибор типа СВ-151 выпускается нескольких модификаций. Отличие этих приборов друг от друга в пределах измерения. Частота измерительного тока

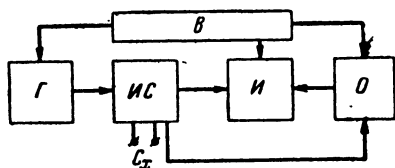


Рис. 4-37. Блок-схема прибора СВ-151.

Г — генератор; ИС — измерительная схема; И — индикатор; О — ограничитель; В — выпрямитель; C_x — зажимы для подключения измеряемого конденсатора.

этих приборов 1000 кГц, а у приборов СВ-151-В 100 кГц. Максимальный предел измерения емкости 20 000 пф. Погрешность измерения не превышает $\pm 1\%$.

Питается прибор от сети переменного тока 220 в.

Принцип измерения, используемый в данном

приборе, основан на принципе делителя напряжения, который состоит из последовательно соединенной емкости измеряемого конденсатора и образцовой емкости, находящейся в приборе. На делитель подается напряжение от генератора высокой частоты, которое делится между измеряемой и образцовой емкостями пропорционально их величинам. По разности этих двух напряжений судят о величине отклонения измеряемой емкости от образцовой (рис. 4-37).

Конструктивно прибор оформлен в одном металлическом корпусе. Передняя панель разделяется на две части: верхнюю наклонную и нижнюю вертикальную. Все ручки управления вынесены на переднюю панель (рис. 4-38).

Прибор должен быть заземлен перед работой. Выключатель, расположенный на задней стенке прибора, поставить в положение «включено». Через 30 сек после включения экран лампы 6Е5 должен осветиться. Постепенно вывести ручку чувствительности до минимума и установить приблизительно необходимую емкость по переключателю диапазонов и по лимбу конденсатора.

переменной емкости. Следует поворачивать ручки ограничителя до тех пор, пока экран лампы не станет ясным, а затем слегка повернуть его обратно до появления границы света и тени. К зажимам подсоединить образцовый конденсатор с номинальным значением емкости, подлежащей измерению на приборе, а ручку чувствительности вывести в среднее положение и сбалансировать

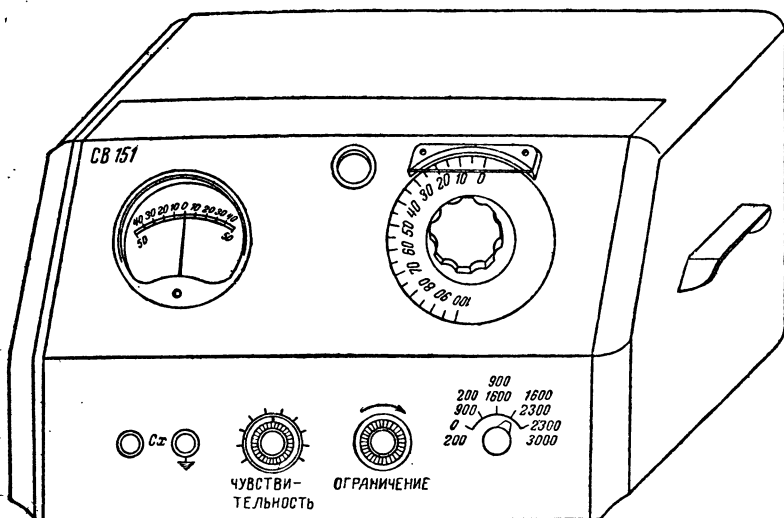


Рис. 4-38. Внешний вид СВ-151.

вать прибор при помощи ручки переменного конденсатора в правой стороне наклонной части передней панели прибора. Затем устанавливается нужная чувствительность стрелочного прибора соответственно допуску в процентах по образцовому конденсатору, подключенному к зажимам C_x . Для проверки правильности работы ограничителя следует отключить конденсатор, а затем замкнуть зажимы накоротко. В том и другом случае стрелка стрелочного прибора должна вернуться к нулю, а загоревшаяся лампа 6Е5 подтвердит, что прибор готов к работе.

Для проведения очередного замера конденсатора последний надо подключить к зажимам C_x и по прибору определить принадлежность конденсатора к той

или иной процентной группе. При измерениях следует следить за величиной питающего напряжения, так как прибор не имеет собственного стабилизатора напряжения.

е) Прибор ПРК-3 предназначен для разбраковки конденсаторов на группы по емкости, а также позволяет измерять абсолютные значения емкости конденсаторов. Прибор выпускается в двух вариантах: ПРК-3а и ПРК-3б. Пределы измерения прибора ПРК-3а от 10 до 100 *нф*, а прибора ПРК-3б от 100 до 1 000 *нф*. Прибор допускает одновременную рассортировку конденсаторов в зависимости от отклонения емкости от номинальной на 10 групп: —2%, —5%, —10%, —20%, +2%, +5%, +10%, +20%, +брак, —брак. Шкала стрелочного прибора разбита на соответствующие цветные секторы.

Номинальная относительная погрешность $\pm 0,5\%$ для групп $\pm 2\%$ и $\pm 5\%$, $\pm 1\%$ для группы $\pm 10\%$ и $\pm 2\%$ для группы $\pm 20\%$. Принадлежность конденсатора к той или иной группе определяется непосредственно по положению стрелки индикаторного прибора.

Погрешность измерения абсолютного значения емкости $\pm (0,005 C_x + 0,2)$ *нф*. Рабочая частота около 1 *Мгц*. Прибор питается от сети переменного тока 220 *в*. Колебания напряжения сети на $\pm 10\%$ не сказываются на точности измерения.

Прибор смонтирован на металлическом шасси и передней панели, соединенной вместе с шасси. Передняя панель и шасси вдвигаются в металлический кожух. На передней панели прибора (рис. 4-39) расположены: микроамперметр, ручка «установка номинала и допуска», шкала « $C_{эт}$ *нф*» для установки номинала и допуска, шкала и ручка конденсатора «подстройка», клеммы для подключения измеряемой емкости C_x , ручка «установка нуля», ручка «чувствительность», выключатель сети и сигнальная лампочка, тумблер для включения « $C_{эт}$ » или C_x . У прибора ПРК-3б еще имеется переключатель диапазонов.

Перед началом измерения необходимо включить прибор и дать ему прогреться 15 *мин*.

После прогрева поставить на 0 шкалы конденсаторов « $C_{эт}$ » и «подстройка». Тумблер поставить в положение « $C_{эт}$ ». Ручку чувствительности вывести до отказа вправо. Ручкой «подстройка» установить стрелку микроам-

перметра на нуль, после чего следует тумблер перевести в положение C_x . Если при этом стрелка микроамперметра отойдет от нуля, то следует ручкой «установка нуля» установить ее на нуль.

Для измерения абсолютной емкости конденсатора следует далее поступать так: ручку чувствительности вывести до отказа влево и после этого присоединить из-

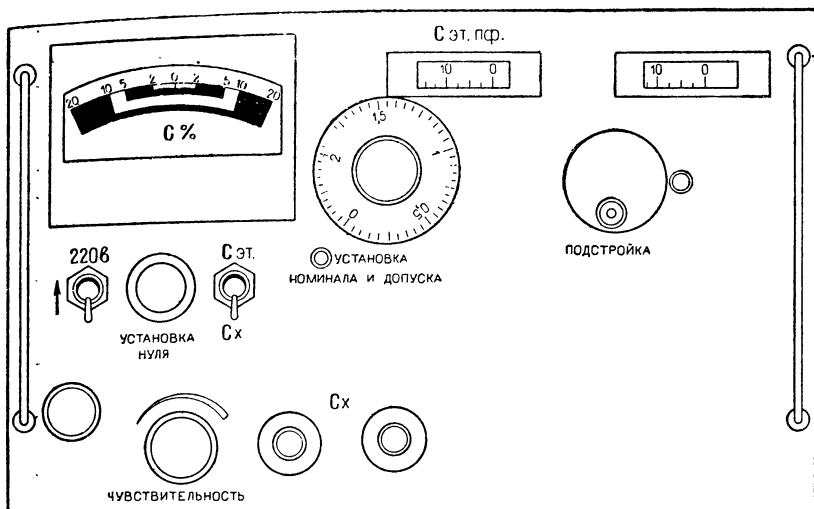


Рис. 4-39. Передняя панель прибора ПРК-3.

меряемый конденсатор к зажимам C_x . Ручкой «подстройка» установить стрелку микроамперметра на нуль. Увеличив чувствительность до максимальной поворотом ручки «чувствительность» в крайнее правое положение, проверить правильность установки нуля. Установить шкалу конденсатора « $C_{эт}$ » на деление, одинаковое с делением шкалы «подстройка». Перевести тумблер в положение « $C_{эт}$ ». Настроить конденсатор « $C_{эт}$ » на нуль стрелочного прибора при максимальной чувствительности. Отсчитать значение емкости по шкале прибора.

При работе на приборе ПРК-36 к этим показаниям емкости необходимо еще прибавить емкость, указанную в том или другом положении переключателей диапазонов.

Для разбраковки конденсаторов на группы по отклонению емкости от номинальной после подготовки прибора к работе, как указывалось выше, необходимо установить шкалу конденсатора « $C_{эт}$ » на номинальное значение емкости конденсаторов, подлежащих разбраковке, а ручкой «подстройка» установить шкалу приблизительно на то же деление, что и шкалу « $C_{эт}$ ». Увеличивая чувствительность прибора до максимальной, установить ручкой «подстройка» стрелку микроамперметра на нуль.

Далее следует уменьшить « $C_{эт}$ » на 10%. Ручкой «чувствительность» установить стрелку микроамперметра на границу секторов «—10%» и «—20%». При этом автоматически устанавливаются границы всех допусковых групп. Присоединить измеряемый конденсатор к зажимам C_x . Тумблер поставить в положение C_x . Положение стрелки микроамперметра укажет, к какой группе по допуску принадлежит испытуемый конденсатор. При длительной работе следует периодически проверять правильность настройки прибора, а ручка «подстройка» должна зажиматься стопорным винтом.

ж) Прибор типа ИПП предназначенся для измерения тангенса угла диэлектрических потерь слюдяных, стеклокерамических, стеклоэмалевых и других видов конденсаторов, имеющих малый $\operatorname{tg} \delta$ в условиях массового производства. Прибор ИПП-1 имеет предел измерения емкости от 100 до 1 000 $nф$; прибор ИПП-2 от 10 до 100 $nф$; прибор ИПП-3 от 1 000 до 10 000 $nф$. Предел измерения $\operatorname{tg} \delta$ у всех трех приборов одинаков от $1 \cdot 10^{-4}$ до $30 \cdot 10^{-4}$. У приборов типов ИПП-1 и ИПП-2 измерение производится на частоте 1 000 $кГц$, у приборов типа ИПП-3 — на частоте 300 $кГц$. Погрешность измерения всех трех приборов одинакова $\pm (0,05 \operatorname{tg} \delta + 1 \cdot 10^{-4})$. Отсчет измеряемой величины производится непосредственно по стрелочному прибору, шкала которого проградуирована в значениях $\operatorname{tg} \delta$. Изменяемый конденсатор должен быть предварительно измерен по емкости, и емкость его должна быть известна с точностью $\pm 20\%$. Прибор питается от сети переменного тока 220 $в$ и колебания напряжения сети на ± 30 $в$ допустимы без нарушения работы прибора и значительного понижения точности измерения.

Принципиальная схема измерения прибора ИПП базируется на мостовой схеме, в которой включен триод-

ный генератор. При работе лампы генератора на среднем участке характеристики постоянный анодный ток увеличивается при увеличении тангенса угла диэлектрических потерь конденсатора, включенного в колебательный контур генератора. В связи с тем, что изменяется анодный ток, меняется и сопротивление генератора в целом. Сам генератор включен в качестве переменного плеча в мостовую схему (рис. 4-40), и мост сбалансирован. Если конденсатор колебательного контура заменить другим (с иным значением $\operatorname{tg} \delta$), то изменится анодный ток, так как $I_a = f(\operatorname{tg} \delta)$. Изменится также сопротивление лампы постоянному току R_{Π} . Но так как $R_{\Pi} = \frac{E_a}{I_a}$ и $E_a = \text{const}$, то $R_{\Pi} = f(I_a)$ и, следовательно, $R_{\Pi} = f(\operatorname{tg} \delta)$. Но так как ток в измерительной диагонали $I_a = f(R_{\Pi})$, то, следовательно, $I_a = f(\operatorname{tg} \delta)$. Это дает возможность проградуировать шкалу прибора непосредственно в единицах тангенса угла потерь измеряемого конденсатора, включенного прямо в контур, но эта зависимость справедлива только для конденсаторов, емкость которых разнится от номинальной не более чем на $\pm 20\%$. В противном случае эта зависимость усложняется и проградуировать шкалу прибора прямо в значениях $\operatorname{tg} \delta$ для ряда номинальных значений емкости становится затруднительно.

Конструктивно прибор собран в одном металлическом корпусе, на переднюю панель которого выведены все ручки настройки, стрелочный прибор и зажимы для подключения измеряемых конденсаторов (рис. 4-41).

Настройка прибора производится следующим образом: включить вилку шнура в сеть переменного тока 220 в и дать прибору прогреться в течение 30—40 мин. Установить ручку переменного конденсатора на красную

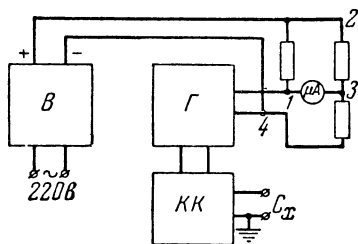


Рис. 4-40. Блок-схема приборов ИПП.

В — выпрямитель с феррорезонансным стабилизатором и фильтром; Г — генератор в качестве одного из плеч мостовой схемы; КК — колебательный контур генератора с зажимами C_x для подключения измеряемого конденсатора; 1, 2, 3, 4 — мостовая схема; μA — измерительный прибор.

черту. Присоединить выводы А-1 «эталона» диэлектрических потерь, который прилагается к прибору, к зажимам C_x , при этом вывод А должен быть подсоединен к изолированному зажиму. Нажать кнопку и с помощью первой ручки настройки, расположенной рядом с кнопкой, установить стрелку стрелочного прибора на вели-

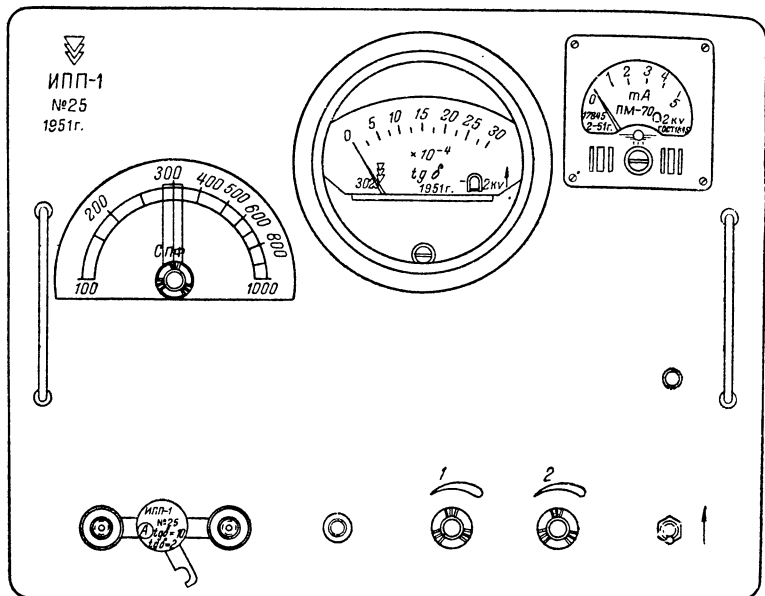


Рис. 4-41. Передняя панель прибора ИПП-1.

чину $\text{tg } \delta_1$, указанную на «эталоне», затем вместо выводов А-1 присоединить выводы А-2 и с помощью второй ручки настройки установить стрелку прибора на величину $\text{tg } \delta_2$, указанную на эталоне. Эти обе настройки зависят друг от друга, поэтому следует повторить эти операции несколько раз до тех пор, пока стрелка стрелочного прибора не будет точно стоять на указанных делениях. Отключить «эталон», перевести указатель переменного конденсатора с красной черты на номинальное значение величины емкости измеряемого конденсатора. Измерения производятся крайне просто. К зажимам C_x присоединяется измеряемый конденсатор, нажимается кнопка и по положению стрелки относительно

шкалы стрелочного прибора производится отсчет. Необходимо помнить, что в процессе измерения через каждые полчаса-час следует производить проверку настройки прибора. Для этого следует подключить «эталон» сначала выводами А-1, а затем выводами А-2. Если настройка нарушилась, то надо прибор снова настроить.

з) Мегомметр типа RM-175 используется для измерения сопротивления изоляции конденсаторов в условиях массового производства. Мегомметр типа RM-175 изготавливается в трех вариантах: RM-175-CX, RM-175-CZ, RM-175-LZ. Пределы измерения у всех трех одинаковы. RM-175-CX является первоначальной основной моделью. Измерительное напряжение постоянного тока у этой модели 500 в. Мегомметр RM-175-CZ имеет дополнительно автоматическое устройство, выдерживающее определенное время зарядки конденсатора (0—1—3—10 сек), и поэтому является весьма удобным для измерения сопротивления изоляции конденсаторов большой емкости. В мегомметре RM-175-LZ измерительное напряжение может быть установлено в пределах от 0 до 1 000 в по стрелочному прибору, специально для этой цели вмонтированному. Мегомметр RM-175-LZ является наиболее совершенным и имеет наибольшее применение.

Предел измерения величины сопротивления изоляции от 0,9 до $5 \cdot 10^6$ *Мом* разбит на шесть рабочих диапазонов от 0,9 до 50; от 9 до 500; от 90 до 5 000; от 900 до 50 000; от 9 000 до 500 000 и от 90 000 до 5 000 000 *Мом*. Точно установить погрешность показания мегомметра затруднительно, но приближенно можно считать, что относительная номинальная погрешность не превышает величины, равной $B:6$ (в процентах), где B — числовая отметка шкалы прибора. Если, например, измеренное сопротивление изоляции конденсатора равно 1 200 *Мом* и измерение производилось на множителе 100, то максимальная погрешность будет равна $12:6=2\%$. Измерительное напряжение на мегомметрах типа RM-175 устанавливается с точностью $\pm 2\%$. Точность выдержки времени 0,5%.

При снятии показания необходимо учитывать положение переключателя множителя и величину измерительного напряжения. При величине измерительного напряжения U поправочный множитель выразится так: $A=U:500$. Для снятия правильного показания необхо-

дим^о отсчет R , произведенный по шкале, умножить на величину множителя M и на поправочный множитель A :

$$R_{пз} = RMA.$$

Ценным качеством прибора является то, что он не боится короткого замыкания выходных зажимов, что мо-

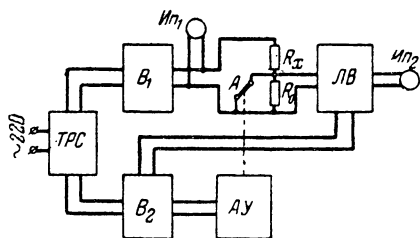


Рис. 4-42. Блок-схема мегомметра RM-175.

ТПС — трансформатор стабилизированный; B_1 , B_2 — выпрямители; АУ — автоматическое устройство выдержки времени зарядки; А — контакт автоматического устройства; ЛВ — электронный вольтметр; $U_{п2}$ — стрелочный прибор электронного вольтметра; $U_{п1}$ — стрелочный прибор; R_0 — образцовое сопротивление; R_x — измеряемое сопротивление.

жет быть при подключении короткозамкнутого конденсатора. Прибор питается от сети переменного тока 220 в с частотой 50 гц. Потребляемая мощность около 70 вт.

При выборе времени зарядки необходимо исходить из величины емкости конденсатора и от предположительной величины сопротивления изоляции его. На практике использование определенной выдержки времени заряд-

ки ограничивается измерением конденсаторов значительной емкости, для конденсатора малой емкости эта выдержка делается минимальной, так как время их зарядки практически очень мало.

Принцип действия прибора основан на делении фиксированного по величине напряжения постоянного тока U (рис. 4-42) двумя последовательно соединенными сопротивлениями — одно известное R_0 , а другое измеряемое R_x . Напряжение U_0 на сопротивлении R_0 измеряется электронным вольтметром, и по его величине можно определить величину сопротивления R_x , так как

$$U_0 = f(R_x).$$

Конструктивно прибор оформлен в одном металлическом корпусе. На передней панели размещены все ручки настройки, сигнальные лампочки и стрелочные приборы (рис. 4-43). У мегомметра RM-175-CZ отсутствуют

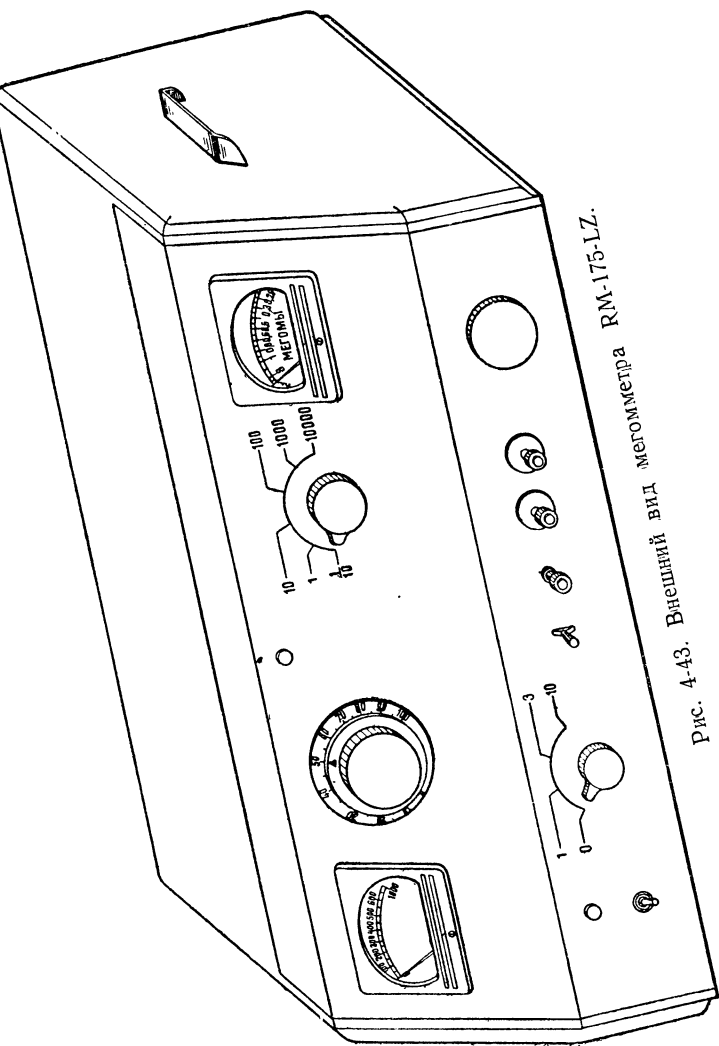


Рис. 4-43. Внешний вид мегомметра RM-175-LZ.

стрелочный прибор, указывающий величину измерительного напряжения постоянного тока, и ручка регулировки этого напряжения, так как у этого типа мегомметра величина измерительного напряжения постоянна. У мегомметра RM-175-CX не имеется автоматического устройства выдержки времени, и поэтому отсутствует переключатель.

Перед включением прибора в сеть 220 в необходимо заземлить его. Поставить выключатель прибора в положение «включено». Сигнальная лампочка, расположенная над выключателем, загорится и укажет на то, что прибор включен. После включения прибора необходимо дать ему прогреться в течение 20 мин. Затем можно приступить к настройке прибора. Вначале следует установить стрелку прибора в правой части передней панели на бесконечность при помощи ручки, расположенной ниже этого прибора на вертикальной части передней панели. При работе с прибором RM-175-LZ перед установкой прибора на бесконечность нужно установить измерительное напряжение (обычно 100 в) при помощи ручки регулировки измерительного напряжения, находящейся правее прибора, расположенного в левой части передней панели, по которому производится отсчет установленного напряжения. Затем необходимо переключатель диапазона установить в надлежащее положение. При работе на приборах типа RM-175-LZ и RM-175-CZ, снабженных приспособлением для выдержки времени зарядки конденсаторов, необходимо установить соответствующее время зарядки, по истечении которого будет зажигаться сигнальная лампочка.

Конденсатор, подлежащий измерению, следует соединить с выводными зажимами, расположенными посредине вертикальной части передней панели прибора. После загорания сигнальной лампочки устройства для выдержки времени нажать на ключ, расположенный рядом с зажимами, и произвести отсчет по стрелочному прибору мегомметра, проградуированному непосредственно в мегомах. При снятии отсчета необходимо помнить (при работе на мегомметре типа RM-175-LZ), что величина сопротивления изоляции, отсчитанная по стрелочному прибору, должна быть помножена на поправочный множитель $A = U : 500$, где U — рабочее измерительное напряжение. При измерении величины сопротивления

изоляции, являющейся частью многополюсной цепи, следует для большей правильности замера воспользоваться мерами предосторожности против возможных ошибок. Так, например, конденсатор КСГ-2 с двумя выводами в металлическом корпусе можно рассматривать как трехполюсную сеть, в которой, помимо обычного сопротивления утечки между двумя выводами, будет наблюдаться также сопротивление утечки между каждым из выводов и корпусом. Для исключения возможных в связи с этим дополнительных ошибок измерения следует металлический корпус заземлить, присоединив его к специальному зажиму — земле. При таком подключении измеряемого конденсатора, даже в том случае, если бы величина сопротивления утечки между выводом и корпусом была бы соизмерима с сопротивлением между выводами, она не влияла бы на точность измерения сопротивления изоляции между выводами.

и) Прибор типа ТКЕ-1 предназначается для измерения температурного коэффициента емкости конденсаторов малой емкости.

Диапазон измеряемых емкостей находится в пределах от 10 до 200 *пф*. Измерение производится на частоте 2 *Мгц*. Погрешность измерения емкости $\pm(0,01 C + 0,2 \text{ пф})$, а погрешность измерения ТКЕ $\pm(0,05 \text{ ТКЕ} + 5 \cdot 10^{-6})$. Установка питается от сети переменного тока 220 в. Колебания питающего напряжения на $\pm 15\%$ не сказываются на работе прибора. Принцип измерения приращения емкости, используемый в данном приборе, заключается в следующем. Имеются два генератора: один с фиксированной частотой, а другой с переменной. При изменении емкости в контуре второго генератора возникают биения с частотой, равной разности частот этих двух генераторов. Эту частоту биений можно обнаружить при помощи специального индикаторного устройства с головным телефоном на выходе. При изменении частоты биений в зависимости от величины включенной емкости добиваются исчезновения этих биений, т. е. сводят разность частот двух генераторов к нулю при помощи регулировки конденсаторов переменной емкости, находящихся в контуре генератора с переменной частотой. Конденсатор переменной емкости имеет шкалу, проградуированную в единицах измеряемого приращения, по которой и производится отсчет.

Температура образца до нагрева в начале измерения t_1 и температура t_2 в конце измерения устанавливается автоматически при помощи терморегулятора.

Блок-схема приведена на рис. 4-44.

Конструктивно прибор оформлен в трех металлических корпусах. Сам измерительный прибор смонтирован в большем из трех. В нем размещены два генератора, смеситель и усилитель низкой частоты. Колебатель-

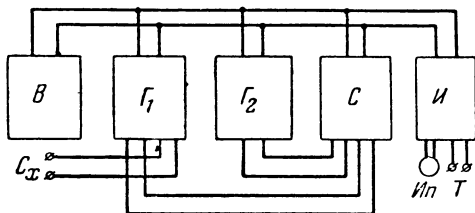


Рис. 4-44. Блок-схема прибора ТКЕ-1.

B — выпрямитель; G_1 — генератор переменной частоты; G_2 — генератор фиксированной частоты; C — смеситель; I — индикатор; I_n — стрелочный прибор; T — телефон.

ные контуры обоих генераторов помещены в отдельные латунные экраны, покрытые изнутри гальваническим серебром (рис. 4-45).

С левой стороны прибора расположен термостат, связанный с основным ящиком механически. Внутри термостата имеются пружинные контакты для подключения измеряемого конденсатора. Один контакт, соединенный с колебательным контуром, укреплен на керамической колодке, а другой, заземленный, — непосредственно на стенке термостата. Между задней стенкой термостата и измеряемым конденсатором укреплена металлическая сетка, на которой расположены два терморегулятора. Дверца термостата имеет отверстия, величину которых можно регулировать с помощью диска, укрепленного на дверце. В целях тепловой изоляции стенка и дверца термостата покрыты войлоком. Сзади термостата расположены электрическая спираль и вентилятор.

В третьем ящике, расположенном над первым, смонтирован блок питания, состоящий из выпрямителя с феррорезонансной стабилизацией напряжения и схемы для регулировки подогрева термостата. На передней панели

этого металлического ящика расположены две сигнальные лампочки: белая с надписью «меньше», красная с надписью «больше».

Блок питания соединяется с основной схемой прибора при помощи шлангов.

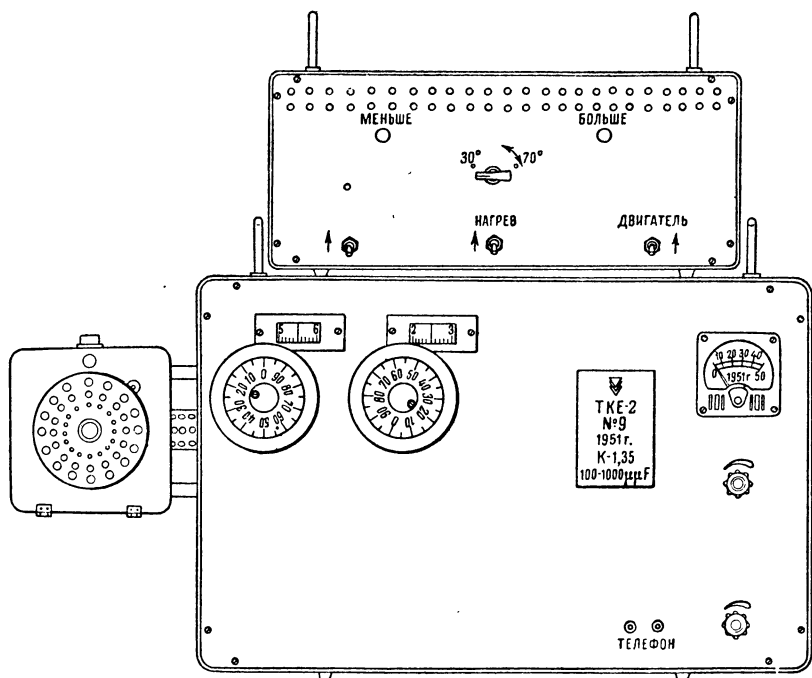


Рис. 4-45. Передние панели блоков прибора ТКЕ-1.

Перед работой прибор необходимо соответственно подготовить. При помощи шлангов соединить блок питания с прибором и включить его в сеть переменного тока. Поставить выключатель прибора в положение «включено». О включении прибора в сеть переменного тока сигнализирует сигнальная лампочка, расположенная над этим выключателем. Одновременно с сигнальной лампочкой загорится белая лампочка, расположенная на блоке питания. Дать прибору прогреться в течение примерно 1 ч, после чего за 10 мин до начала работы выключатели с надписью «нагрев» и «двигатель» по-

ставить в положение «включено». Затем переключатель температуры нагрева поставить в положение 30. Если температура в термостате ниже 30° С, то горит только белая лампочка, а если температура в термостате достигнет 30° С, то загорится красная лампочка. При нормальной работе терморегулятора белая и красная лампочки должны загораться и погасать равномерно, если же этого не происходит (красная лампочка не гаснет или гаснет на очень короткое время), то следует несколько открыть отверстие на дверце.

Для очередного замера вставить образец в пружинные контакты термостата и выждать, пока температура образца выравнивается с температурой воздуха в термостате. Настроиться по стрелочному индикатору на нулевые биения по лимбу С, закрепить лимб стопором и, если необходимо, произвести точную подстройку лимбом α. Отсчитать значение α₁ и С₁, причем по барабанам отсчитываются целые числа, а по лимбам сотые доли, и записать их. Поставить переключатель температуры нагрева в положение 70° С, соответствующее крайнему правому положению переключателя (быстрый нагрев), предварительно закрыв отверстия, если они были открыты. Через 1,5—2 мин температура воздуха в термостате достигнет 70° С и будут попеременно загораться и гаснуть белая и красная лампочки. Если красная лампочка не гаснет на очень короткое время, то переключатель поставить в положение 70, соответствующее среднему положению переключателя (медленный нагрев). Добившись равномерного погасания и зажигания красной и белой лампочек, настроиться лимбом α по стрелочному индикатору на нулевые биения и, если температура образца установилась, отсчитать α₂ и записать. Окончательный расчет температурного коэффициента емкости производится по формуле

$$\text{ТКЕ} = \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{C_1 - C_0} A,$$

где

$$A = \frac{K}{(t_2 - t_1)\alpha};$$

α, α, К — коэффициенты на передней панели прибора. Коэффициент А подсчитывается предварительно. Ем-

кость измеряемого конденсатора определяется по формуле

$$C_x = (C_1 - C_0) \alpha,$$

C_0 — отсчет по лимбу C при настройке на нулевые биения без подключения конденсатора.

Следует заметить, что признаком установления постоянной температуры образца служит то, что частота генератора перестает изменяться в одном направлении, а лишь незначительно колеблется около одной точки, ибо при срабатывании терморегулятора температура воздуха в термостате меняется на $\pm 0,2^\circ \text{C}$, следовательно, если измеряется конденсатор с большим температурным коэффициентом емкости, из-за этого будут происходить колебания частоты генератора, в схему которого включен измеряемый конденсатор. Поэтому при настройке на нулевые биения необходимо настраиваться непрерывно лимбом α при изменениях частоты, отсчитывать максимальное и минимальное значения по лимбу α и взять среднее арифметическое. После окончания измерения поставить переключатель температуры нагрева в положение 30°C , включить нагрев, открыть дверцу термостата и вынуть измеряемый конденсатор. Если температурный коэффициент измеряемого конденсатора очень велик и емкости конденсатора α не хватит для настройки на нулевые биения при температуре t_1 , то следует при температуре t_2 производить настройку не на деления 25,00, а на деления 10,00 или 40,00; в первом случае при более положительном, во втором при более отрицательном значениях ТКЕ.

Прибор ТКЕ-2 аналогичен прибору типа ТКЕ-1 и предназначается также для измерения температурного коэффициента емкости конденсаторов. Основное его отличие — в пределах измеряемых емкостей. Прибором ТКЕ-2 можно замерять емкости от 100 до 1 000 пф . Погрешности измерения емкости $\pm 1\%$, погрешность измерения ТКЕ $\pm (0,05 \text{ ТКЕ} + 5 \cdot 10^{-6})$, частота измерительного тока 1,6 Мгц . Питается прибор от сети переменного тока 220 в , и колебания напряжения на $\pm 15\%$ не сказываются на работе прибора. Принцип работы, основные узлы прибора, конструктивное оформление, расположение ручек управления и других элементов точно такое же, как у прибора ТКЕ-1.

к) Установка типа С-2А предназначена для измерения температурного коэффициента емкости (ТКЕ) слюдяных, стеклоэмалевых, стеклокерамических и других типов конденсаторов.

Диапазон измеряемых емкостей находится в пределах от 20 до 1 000 *пф*. Рабочие частоты установки изменяются от 4 050 до 595 *кГц* в зависимости от емкости измеряемых конденсаторов.

Значения измеряемых температурных коэффициентов лежат в пределах от $+800 \cdot 10^{-6}$ до $-800 \cdot 10^{-6}$ *град⁻¹*.

Наибольшая погрешность измерений составляет $\pm (0,1 \text{ ТКЕ} + 10 \cdot 10^{-6})$ для конденсаторов с ТКЕ до $50 \cdot 10^{-6}$ и $\pm 20\%$ для конденсаторов с ТКЕ больше $50 \cdot 10^{-6}$ *град⁻¹*. Установка питается от сети переменного тока 110, 127 и 220 *в*. Колебания питающего напряжения на $\pm 10\%$ не сказываются на работе установки. Потребляемая мощность установки колеблется от 250 до 1 000 *вт*, в том числе 80 *вт* на питание измерительной части. Разрешающая способность установки $0,5 \cdot 10^{-6}$ *град⁻¹*.

Измерение ТКЕ основано на сравнении частот двух генераторов. Частота одного генератора в процессе измерения остается постоянной, а частота второго изменяется в зависимости от изменения емкости измеряемого конденсатора в процессе нагревания. В зависимости от этого изменяется частота биений, равная разности частот этих двух генераторов. Частота биений определяется частотомером, шкала которого проградуирована непосредственно в единицах ТКЕ. Эта особенность описываемой установки позволяет в значительной мере упростить и убыстрить измерения ТКЕ.

Еще одной особенностью установки является то, что при измерении ТКЕ отпадает необходимость в измерении величины C_x . Отклонение этой величины от номинального значения до $\pm 20\%$ компенсируется в процессе измерения. Эти особенности в совокупности с соответствующей конструкцией обеспечивают сравнительно высокую производительность по сравнению с другими приборами для измерения ТКЕ. В течение 1 *ч* можно измерить 200 конденсаторов КСО-1 или 120 конденсаторов КСО-5 и т. д.

Особенность конструкции (рис. 4-46) заключается в том, что в установке используются два колеса — вертикальное и горизонтальное, которые поворачиваются

вокруг своих осей одновременно на 45° за каждый шаг. Горизонтальное колесо поворачивается на один шаг оператором вручную, а вертикальное одновременно поворачивается на этот же угол автоматически. На вертикальном колесе размещено восемь камер с контактами,

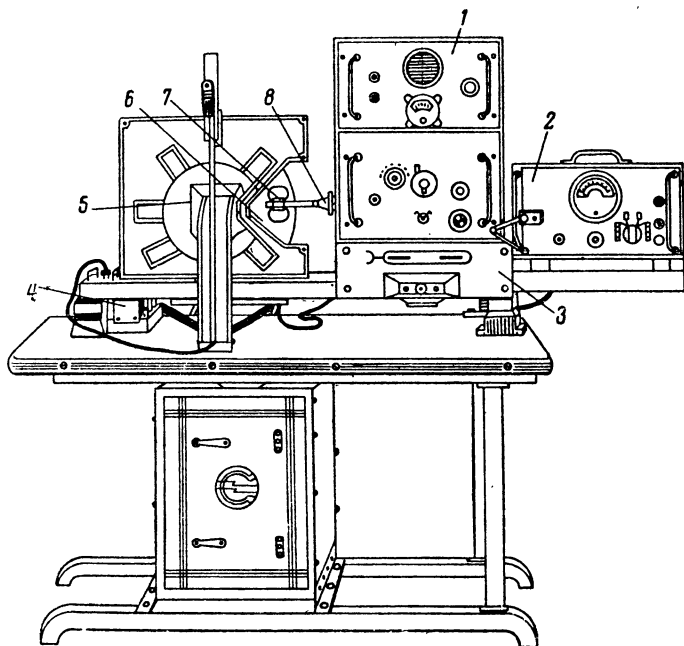


Рис. 4-46. Общий вид установки С-2А.

1 — измерительная часть; 2 — частотомер; 3 — горизонтальное колесо;
4 — реле времени; 5 — воздухопровод; 6 — вертикальное колесо; 7 — ка-
мера нагрева; 8 — высокопотенциальный контакт.

к которым подключаются конденсаторы (рис. 4-47), а на горизонтальном колесе — восемь конденсаторов переменной емкости, которые по очереди подключаются к контуру эталонного генератора. В первом положении вертикального и горизонтального колес испытуемый и соответствующий ему конденсатор переменной емкости оказываются подключенными к измерительной установке и с помощью переменного конденсатора производится первоначальная настройка измерительной схемы.

При семи последующих положениях колес как этот измеряемый конденсатор, так и соответствующий ему конденсатор переменной емкости не подключаются к измерительной системе. При прохождении этих положений колес измеряемый конденсатор нагревается в струе горячего воздуха, температура которого поддерживается автоматически.

При полном обороте вертикального и горизонтального колес оба конденсатора оказываются вновь подклю-

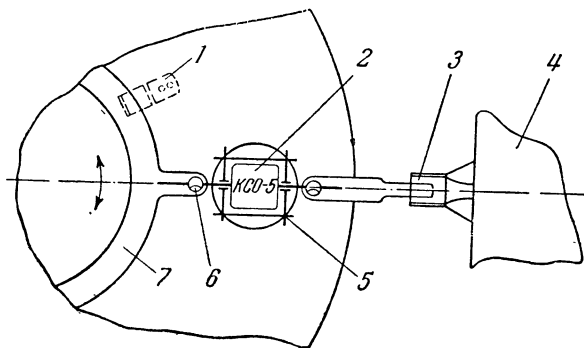


Рис. 4-47. Схема включения конденсатора.

1 — щетка; 2 — измеряемый конденсатор; 3 — контакт измерительного блока; 4 — измерительный блок; 5 — камера; 6 — контакт на корпус; 7 — шина.

ченными к измерительной установке. Проводится отсчет ТКЕ измеренного конденсатора, и конденсатор вынимается из камеры, а на его место вставляется новый конденсатор, подлежащий измерению.

Время для нагрева конденсаторов различных типов различно и устанавливается при помощи реле времени, которое зажигает зеленую лампочку, сигнализирующую оператору о том, что он может произвести очередной поворот колес.

Основные блоки электрической схемы установки (рис. 4-48) следующие: измерительный генератор с буферным усилителем и смесителем, индикаторный блок, состоящий из усилителя низкой частоты со зрительным и слуховым индикаторами, блок отсчета ТКЕ — частотомер и блок нагрева, заключающий в себе камеру нагрева, терморегулятор и нагревательные элементы. Вся

электрическая схема питается от стабилизированного выпрямителя.

Конструктивно установка размещена на специальном консольном столе (рис. 4-46). В тумбе стола размещены автотрансформатор, мотор с вентилятором, нагревательный элемент с дополнительным сопротивлением и мотор привода вертикального колеса. На столе в деревянном футляре помещена измерительная часть установки. В верхней части футляра помещается индикаторный

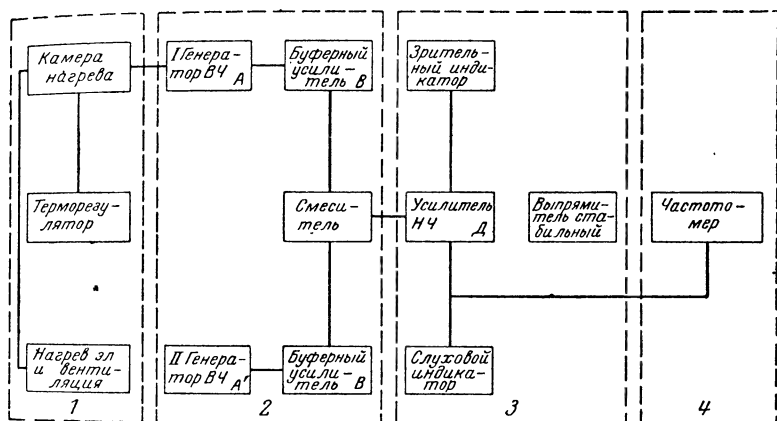


Рис. 4-48. Блок-схема установки С-2А.

блок, в нижней — генераторный блок. В генераторном блоке смонтированы элементы измерительного и эталонного генераторов, буферных усилителей и смесителя.

От генераторного блока (слево от деревянного футляра) сделан высокопотенциальный вывод 8 с полистироловым изолятором. Сзади футляра имеются две восьмиштырьковые фишки для подключения экранированного кабеля, соединяющего генераторный блок с индикатором. На передней панели генераторного блока (рис. 4-49) находятся ручка переключения от 3-го до 9-го диапазонов, ручка переключателя на два положения, 3—9-й 1—2-й диапазоны, ручка конденсатора «компенсация допуска», ручка переключателя «А» и «Б», ручка конденсатора «установка номинала». Передняя панель генераторного блока снабжена двумя ручками,

с помощью которых генераторный блок может быть вынут из футляра. На передней панели индикаторного блока находится динамический громкоговоритель ГДМ-1,5, миллиамперметр, ручка регулировки громкости, тумблер, сигнальная лампочка.

Слева от измерительной системы располагается узел подключения и перемещения измеряемых конденсато-

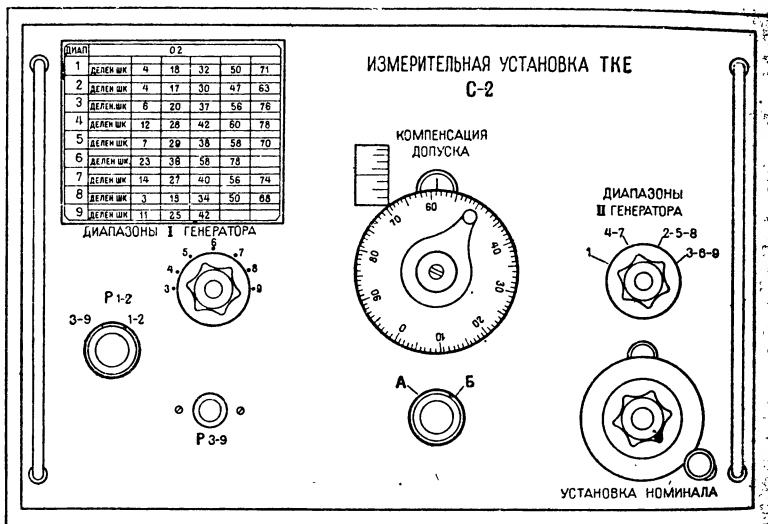


Рис. 4-49. Передняя панель генераторного блока.

ров. Узел состоит из вертикального текстолитового колеса 6, вращающегося на двух шарикоподшипниках, двух воздухопроводов 5, привода, фиксирующего механизма и контактных групп. На колесе смонтировано восемь текстолитовых камер для помещения в них конденсаторов (рис. 4-46). Контакты «земля» присоединяются к общей шине, которая связана посредством щетки с корпусом установки. Высокопотенциальный контакт соединен с восемью контактами колеса (контакты ножевого типа). Один из контактов в любом фиксированном положении колес врублен в контакт измерительной установки.

Воздухопровод 5 состоит из нагнетающей и отсасывающей труб. Каждая труба имеет по семь ответвлений,

направленных к камерам колеса. Восьмое ответвление отсутствует. В этом месте происходит подключение конденсатора к установке и измерение его ТКЕ.

Для поворота колеса на $\frac{1}{8}$ оборота имеется привод с фиксирующим устройством. Вращение колеса осуществляется от мотора, расположенного в тумбе стола, через червячный редуктор, цепную передачу и фрикцион. Фиксирующее устройство, состоящее из системы рычагов, связано металлическим тросиком с узлом переменных конденсаторов.

Узел переменных конденсаторов располагается на столе ниже измерительной части. Он состоит из текстолитового диска, на котором смонтированы 8 конденсаторов переменной емкости с верньерами.

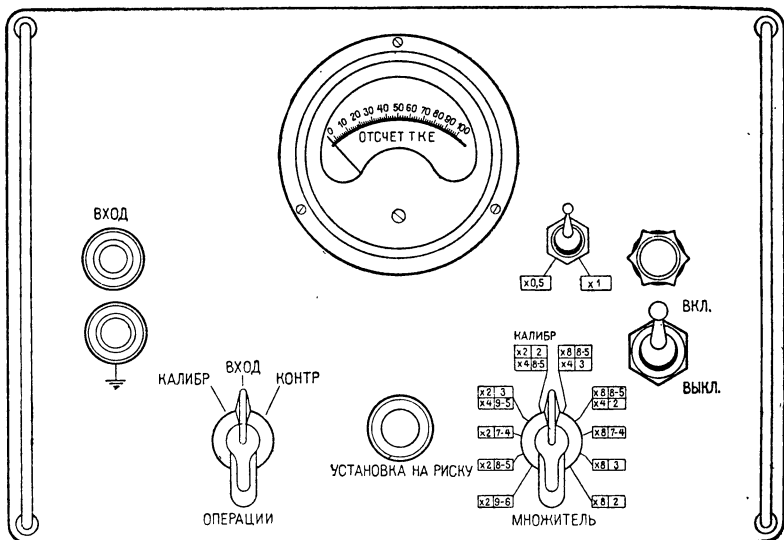
Высокопотенциальные контакты конденсаторов выводятся на контактные ножи колеса. Весь узел на двух подшипниках смонтирован на специальной раме стола и имеет возможность вращаться вокруг вертикальной оси. На колесе смонтировано восемь рукояток для поворота колеса оператором. Для фиксации горизонтального колеса имеется рычажный фиксатор. Слева от вертикального колеса на специальной амортизационной раме установки смонтирован узел терморегулировки и узел реле времени 4. Сверху на крышке узла размещены: выключатель мотора, выключатель нагрева, ручка установки времени прогрева конденсаторов, индикаторная лампочка, колодка для подключения контактного термометра. Справа от измерительного блока к амортизационной раме привернута планка со штырьком, которая является осью поворотного столика для частотомера.

На передней панели частотомера (рис. 4-50) находятся клеммы с надписью «вход», ручка «операции», ручка «установка на риск», ручка «множитель», тумблер « $\times 0,5$ » и « $\times 1$ », тумблер «включено» и «выключено», сигнальная лампа и стрелочный прибор.

При работе на установке С2-А, находящейся в эксплуатации, необходимо прежде всего провести ряд подготовительных операций. Включить измерительную часть, для чего поднять рычаг выключателя на передней панели индикаторного блока вверх. Сигнальная лампочка над ним должна загореться. Включить измеритель ТКЕ, поставив тумблер в положение «вкл.». Сигнальная лампочка над ним должна загореться. Дать уста-

новке прогреться в течение 1,5 ч. Включить систему нагрева, повернув рычаги обоих выключателей на верхней панели блока терморегулировки в положение «вкл.». Определить температуру окружающего воздуха и установить в воздухопроводе температуру, большую на 50° С.

Подготовив таким образом установку, можно приступить к измерению ТКЕ конденсаторов.



стопор, а после установки лимба вновь затянуть стопорный винт; г) шкалу конденсатора «компенсация допуска» поставить на красную риску; д) ручку «А» и «Б» — в положение «А».

Далее следует на панели измерителя ТКЕ установить ручку «множитель» и ручку «операции» в положение «калибр» и ручкой «установка» установить стрелку прибора измерителя ТКЕ на красную риску.

После этого ручку «операции» поставить в положение «вход», а ручку «множитель» в положение, соответствующее диапазону измерительного генератора и величине ТКЕ измеряемых конденсаторов (группа по ТКЕ). Каждое положение переключателя имеет выгравированный прямоугольник, разделенный на два или четыре квадрата. В левых квадратах указаны множители (« $\times 2$ », « $\times 4$ », « $\times 8$ »), на которые необходимо умножить отсчет по шкале прибора, чтобы получить результат в единицах ТКЕ. В правых указаны номера диапазонов измерительного генератора. Выше расположен выключатель с выгравированными множителями « $\times 0,5$ » и « $\times 1$ ». При измерении ТКЕ в пределах от $200 \cdot 10^{-6}$ до $800 \cdot 10^{-6}$ выключатель должен быть повернут в верхнее положение, а при измерении ТКЕ от $50 \cdot 10^{-6}$ до $100 \cdot 10^{-6}$ — в нижнее положение. В этом случае все множители « $\times 2$ » заменяются множителями « $\times 0,5$ », а все множители « $\times 8$ » — множителями « $\times 1$ ».

Ручку «громкость» на панели индикаторного блока вывести в среднее положение, ручку на терморегуляторе «реле времени» в положение, соответствующее типу измеряемых конденсаторов. Установить горизонтальное колесо блоков переменных конденсаторов в положение соответствующее номеру камеры вертикального колеса.

Взять конденсатор, подлежащий измерению, поднять крышку камеры на вертикальном колесе и положить конденсатор на контакт до упора. После этого отпустить крышку, которая под действием пружины прижмет конденсатор к контактам. Настроить с помощью конденсатора переменной емкости с надписью «настройка» на передней панели горизонтального колеса измерительную схему на нулевые биения по слуховому и зрительному индикатору. После этого ручкой «переключение» повернуть на $1/8$ оборота горизонтальное колесо слева направо до фиксации. Соответственно повернется и верти-

кальное колесо на $1/8$ оборота, и к высокопотенциальному контакту измерительного блока подключится контакт следующей свободной камеры. В свободную камеру вставить следующий конденсатор и проделать все то же. При втором и последующих переключениях горизонтальное колесо не переключать до тех пор, пока на передней панели блока конденсаторов переменной емкости не загорится зеленая лампочка. На девятое переключение к измерительной части установки подключится первый нагретый конденсатор. Следует по шкале измерения ТКЕ отсчитать число делений и, умножив на соответствующий множитель, получить величину ТКЕ.

Кроме установки С2-А для измерения ТКЕ существуют аналогичные установки типа С1, С3, С4 на другие пределы измеряемых емкостей.

л) Прибор для регистрации полного пробоя и восстанавливающегося пробоя. Этот прибор наряду с фиксацией взрослого тока при полном пробое фиксирует также скачкообразное временное уменьшение напряжения на испытуемом конденсаторе. Испытательное напряжение может быть установлено любым в пределах от 0 до 3000 в. Напряжение на испытуемый объект подается в течение 10 сек. Погрешность установки напряжения не превышает $\pm 5\%$. Питается прибор непосредственно от сети переменного тока 220 в, 50 гц.

Схема прибора состоит из обычного высоковольтного выпрямителя, реле времени, триггерного индикаторного узла и релейного узла на тиратроне.

Установка собрана в одном металлическом корпусе. Передняя панель прибора разделена на две части: верхнюю наклонную и нижнюю вертикальную (рис. 4-51).

На верхней наклонной части передней панели расположены слева направо: ручка автотрансформатора для установки испытательного напряжения, два индикатора—верхний индикатор восстановившегося пробоя, нижний индикатор полного пробоя, стрелочный прибор и под ним сигнальная лампочка, сигнализирующая о включении прибора. На нижней вертикальной части передней панели расположены пусковая кнопка, клеммы для подключения испытываемого конденсатора и тумблер включения прибора.

Перед началом работы необходимо проверить заземление прибора. Ручку автотрансформатора поставить

в положение 0. Включить прибор при помощи тумблера. Установить по прибору, поворачивая вправо ручку автотрансформатора, нужное испытательное напряжение. Подключить испытываемый конденсатор к клеммам прибора. Это можно делать, так как в этот момент напряжение на клеммах отсутствует. После подключения кон-

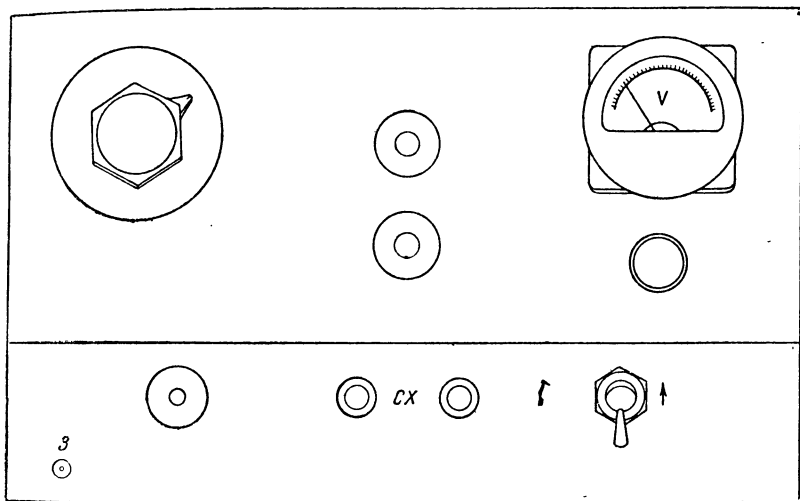


Рис. 4-51. Передняя панель прибора для регистрации полного и восстанавливающегося пробоя.

денсатора необходимо кратковременно нажать кнопку. Эта кнопка подает питание на реле, которое становится на самоблокировку, запускает реле времени и включает реле, подающее испытательное напряжение на конденсатор и замыкающее анодную цепь тиратрона, подготавливая тем самым его к работе. Необходимо помнить, что после нажатия кнопки трогать клеммы прибора и испытываемый конденсатор нельзя, так как на них имеется высокое напряжение.

Через 10 сек реле времени срабатывает и приводит установку в первоначальное исходное положение—клеммы обесточиваются, конденсатор C_x можно отключить от прибора. Об этом сигнализирует загоревшаяся сигнальная лампочка, которая перед этим была погашена

в момент нажатия пусковой кнопки. Испытание закончено, можно подключить следующий конденсатор.

Если ни один индикатор в период испытания конденсатора не загорелся, то конденсатор годный, если загорелся нижний индикатор, то конденсатор имеет полный пробой, если загорелся верхний индикатор, то в конденсаторе был временный пробой, который уже ликвидирован.

Эта установка позволяет отбирать среди годных конденсаторов конденсаторы, обладающие повышенной надежностью для особо ответственных схем.

ГЛАВА ПЯТАЯ

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СТЕКЛОЭМАЛЕВЫХ И СТЕКЛОКЕРАМИЧЕСКИХ КОНДЕНСАТОРОВ

5-1. НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Конструкция стеклоэмалевых и стеклокерамических конденсаторов в значительной мере отличается от конструкции слюдяных конденсаторов. Основное отличие заключается в том, что готовый стеклоэмалевый или стеклокерамический конденсатор представляет собой монолитное соединение диэлектрика и обкладок, которые разделить между собой не представляется возможным, и поэтому технология их изготовления совершенно отлична от технологии изготовления слюдяных конденсаторов (рис. 5-1). В качестве диэлектрика используется стеклоэмалевая или стеклокерамическая масса, от состава которой в большой мере зависят электрические свойства конденсатора, в особенности величина температурного коэффициента емкости. Поэтому технологическая операция приготовления стеклоэмалевых или стеклокерамических масс является одной из ведущих и очень ответственных операций, от правильного выполнения которой зависят качество и свойства будущих конденсаторов.

Учитывая всю важность технологической операции приготовления масс, эта операция осуществляется непосредственно в цехе, изготавлиющем конденсаторы, для

чего в цехе оборудуется специальный участок. Этот участок должен быть оснащен необходимым оборудованием, изолирован от других участков и иметь хорошую вентиляцию.

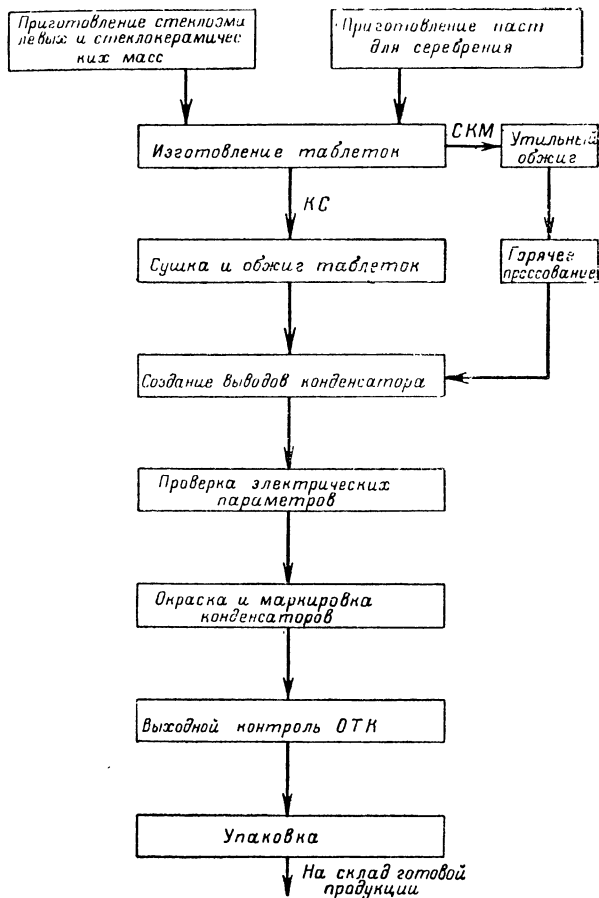


Рис. 5-1. Схема технологического процесса изготовления стекломалевок и стеклокерамических конденсаторов.

Обкладки рассматриваемых конденсаторов изготавливаются из серебра путем нанесения на диэлектрик серебросодержащих паст и последующего восстановления серебра при вжигании. Нанесение серебра на диэлектрик, который представляет собой спрессованный

порошок, производится на автоматах, что накладывает на приготовление серебрясодержащих паст особую ответственность, так как для успешной работы автомата и для получения качественных конденсаторов паста должна иметь строго определенную консистенцию и состав. По этой причине приготовление серебрясодержащих паст производится в цехе-изготовителе конденсаторов также на специально оборудованном участке.

Следующей особенностью технологического процесса производства стеклокерамических и стеклоэмалевых конденсаторов является изготовление самих секций конденсаторов, или, как их принято называть, таблеток, на специально разработанных для этой цели пресс-автоматах. Фактически на этих автоматах и создается стеклоэмалевый или стеклокерамический конденсатор. У таблетки чередуются слои диэлектрика в виде опрессованного порошка со слоями серебрясодержащей пасты. От точности дозировки порошка диэлектрика и серебрясодержащей пасты, от правильности их нанесения, от исправности работы всего автомата в большой мере зависят все электрические характеристики конденсатора и в первую очередь электрическая прочность и величина емкости конденсатора. Мало этого, от правильной работы автомата зависит сама возможность создания стеклоэмалевого или стеклокерамического конденсатора.

При плохой работе автомата обкладки могут замыкаться между собой или перекрываться при приложении напряжения, таблетка может раскрашиваться или не иметь необходимой электрической прочности. Может быть и ряд других дефектов. Все это говорит о большой важности технологической операции изготовления таблеток конденсаторов на пресс-автоматах.

Также ответственна операция обжига таблеток. Особенностью этой операции является необходимость точной выдержки температурной кривой вдоль всей длины конвейерной печи, на которой осуществляется обжиг таблеток. От правильности обжига в огромной мере зависит качество конденсатора, его электрические характеристики и внешний вид. Получающаяся при этом монолитная структура таблеток обеспечивает большую влагозащитность конденсатора, которая в то же время имеет гидрофильную поверхность. Поэтому при работе стеклоэмалевых и стеклокерамических конденсаторов в усло-

виях относительной влажности до 98% их приходится покрывать снаружи защитным слоем красной эмали ЭКР-1.

Характерной особенностью производства стеклокерамических конденсаторов в отличие от стеклоэмалевых является необходимость проведения за операцией утильного обжига операции горячей опрессовки для принудительного обволакивания кристаллической фазы (керамики) аморфной (стеклом) с целью уменьшения пористости диэлектрика, что обуславливает улучшение электрических характеристик конденсатора, особенно его влагостойкости.

Производство стеклокерамических и стеклоэмалевых конденсаторов насыщено автоматами, полуавтоматами и механизированными устройствами, на которых производятся почти все технологические операции. Созданы механизированные линии, благодаря которым достигается непрерывность всего процесса и сокращается технологическое время, необходимое на все операции от изготовления таблеток до упаковки готовых конденсаторов.

5-2. ПРИГОТОВЛЕНИЕ СТЕКЛОЭМАЛЕВЫХ И СТЕКЛОКЕРАМИЧЕСКИХ МАСС

Стеклоэмалевая масса для изготовления таблеток конденсаторов состоит из пудры стеклоэмали № 7 (ТУ 2035-56), пудры из керамической массы класса I, группы «а» (ГОСТ 5458-57) и связующего вещества — этилцеллюлозного лака, который необходим только в процессе изготовления таблетки и при обжиге выгорает. Иногда керамическая масса класса I, группы «а» в составе отсутствует. Это зависит от того, какие параметры должны быть у изготовленных таблеток.

Этилцеллюлозный лак представляет собой раствор этилцеллюлозы (6—8%) в смеси спирта-ректификата (~77%) и растворителя РДВ (~16%). Удельный вес лака должен быть в пределах 0,82—0,88 г/см³. Лак не должен содержать нерастворенных комочков и других механических примесей.

Приготовление лака производится в обычной лакомешалке, в которой все компоненты перемешиваются в течение 12 ч, после чего лак отстаивается 3—4 ч и фильтруется через 2—3 слоя марли. После определе-

ния удельного веса лак передается в производство. Хранение приготовленного лака допускается не свыше 5 суток.

Одной из составляющих стеклоэмалевой массы является пудра из стеклоэмали № 7. Процесс приготовления стеклоэмалевой пудры состоит из нескольких операций. Прежде всего крупные куски стеклоэмали дробятся на более мелкие на механической дробилке. Раздробленная стеклоэмаль вместе с фарфоровыми шарами загружается в фарфоровый барабан шаровой мельницы в следующей пропорции: на 4—6 кг стеклоэмали загружается 2—3 кг фарфоровых шаров диаметром 3—7 мм. Загрузка барабана не должна быть больше $\frac{2}{3}$ его объема. Барабан закрывается крышкой и устанавливается на шаровую мельницу, которая после этого пускается в ход. Помол производится 8—12 ч при скорости вращения барабана 50—65 об/мин. Продолжительность помола в основном зависит от степени предварительного измельчения стеклоэмали и от скорости вращения фарфорового барабана.

После помола фарфоровые шары отделяются от массы стеклоэмали, а стеклоэмаль просеивается через проволочную тканую сетку № 016 (1480 отверстий на 1 см²) на механическом сите. Просеянная пудра готова к употреблению, а отсеб направляется на повторный помол с новой порцией стеклоэмали.

Здесь не приводятся описания принципа действия и устройства: дробилки, шаровой мельницы, механического сита, сушильного шкафа. Это оборудование стандартное, применяемое в производстве различных керамических масс, и подробно описано в технической литературе.

Приготовление пудры из керамической массы класса I, группы «а» производится аналогично приготовлению стеклоэмалевой пудры. Продолжительность помола массы увеличивается до 24 ч, и просеивают ее через проволочную сетку № 01 (3460 отверстий на 1 см²).

Подготовка массы для таблеток начинается с точного отвешивания (табл. 5-1) необходимых количеств пудры стеклоэмали № 7, пудры керамической массы и отмеривания нужного количества этилцеллюлозного лака (170—180 см³ на 1 кг смеси стеклоэмали и керамики).

Различные количества керамической массы берутся для получения различных значений ТКЕ.

Следует заметить, что эти количества должны корректироваться для каждой поступающей партии керамической массы, так как в керамической массы меняется от партии к партии.

Таблица 5-1

Группа конденсаторов по ТКЕ	Количество стеклоэмали № 7, г	Количество керамической массы, г
Р	1 000	—
О	950	50
М	900	100
П	830	170

Сначала перемешивают пудру стеклоэмали № 7 с керамической массой в шаровой мельнице в течение 1—1,5 ч. Затем смесь высыпает в металлическую тару, добавляют необходимое количество этилцеллюлозного лака и тщательно перемешивают вручную для получения однородной тестообразной массы. Руки должны быть защищены резиновыми перчатками.

Полученную тестообразную массу ровным слоем размещают на металлическом противне, предварительно покрытом внутри тонким слоем стеклоэмалевой пудры. Противень с тестообразной массой просушивается в сушильном шкафу при температуре 30—150°С до полного высыхания. Полученная масса снова дробится в дробилке, предварительно очищенной от остатков стеклоэмали сжатым воздухом. Полученные куски массы загружают в шаровую мельницу и производят помол, как описывалось выше, в течение 30 мин. Затем производится просеивание пудры через проволочную сетку № 02 (980 отверстий на 1 см²). Просеянная масса пересыпается в металлические, плотно закрывающиеся ящики и хранится до употребления.

Стеклокерамическая масса приготавливается почти так же, как и стеклоэмалевая масса. Вместо стеклоэмали № 7 берется боратно-свинцовый силикат № 6 (для группы Н—№ 1019). Содержание силикатов в массе любой группы ТКЕ 30%. В зависимости от группы по ТКЕ берутся те или иные керамические массы класса I,

группы «б», класса III или класса VIII, группы «а» (ГОСТ 5458-57), а именно: для группы О-ТК-20, группы М—60% ТК-20—10% Т-80, группы Ж-Т-80, группы Н-Т-7500.

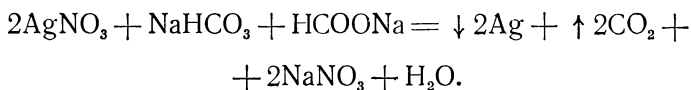
Стеклокерамические и стеклоэмалевые массы в случае необходимости перед самым прессованием смачиваются керосином из расчета 1—1,5 см³ керосина на 1 кг массы. Смачивание производится при помощи ручного пульверизатора с последующим тщательным перемешиванием массы руками в резиновых перчатках. Это улучшает прессование таблеток на прессах.

5-3. ПРИГОТОВЛЕНИЕ ПАСТ ДЛЯ СЕРЕБРЕНИЯ

Рассмотрим процесс приготовления паст для нанесения серебряных обкладок стеклоэмалевых конденсаторов. Эта паста состоит из мелкодисперсного серебра и этилцеллюлозного лака.

Приготовление мелкодисперсного серебра начинается с отвески компонентов исходной смеси. Смесь должна состоять из азотнокислого серебра (62,9%), двууглекислого натрия (18,55%) и муравьинокислого натрия (18,55%). Смесь растворяется в дистиллированной воде из расчета 1,5—2 л воды на 100 г смеси в сосуде из нержавеющей стали.

При растворении происходит восстановление серебра, сопровождающееся выделением углекислого газа.



Сосуд со смесью помещают в термостат и реакцию восстановления проводят при температуре 60—70°С в течение 1,5—2 суток до полного прекращения выделения пузырьков углекислого газа. По окончании реакции восстановления серебра сосуд вынимают из термостата и проверяют полноту осаждения серебра. Если при добавлении нескольких капель раствора двууглекислого натрия не наблюдается появления мути, то осаждение серебра полное. В противном случае следует добавить некоторое количество двууглекислого натрия и муравьинокислого натрия и реакцию продолжить. Далее следует профильтровать раствор через воронку Бюхнера,

на решетку которой уложен бумажный фильтр в три слоя, смоченный дистиллированной водой. Оставшийся осадок 2—3 раза промывается дистиллированной водой, которая вновь отсасывается под вакуумом. Отсасывание воды производится до прекращения частого выделения капель воды. Осадок вместе с фильтрами помещается в фарфоровую или из нержавеющей стали ванночку и помещается в термостат. В термостате полученное мелкодисперсное серебро просушивается при температуре 110—150° С до полного высыхания. После этого мелкодисперсное серебро перекладывается в плотно закрывающийся стеклянный сосуд, в котором хранится до приготовления пасты. Следует заметить, что в процессе восстановления получается не чистое металлическое серебро, а мелкодисперсное серебро, содержащее в своем составе некоторое количество солей натрия. Среднее содержание серебра в мелкодисперсном серебре, установленное анализом проб, равно 98,5%.

Приготовление этилцеллюлозного лака производится в металлическом сосуде или в лакомешалке, в которых помещается растворитель РДВ и этилцеллюлоза из расчета 4—5 г на 100 см³ растворителя. Растворение продолжается не менее 6 ч при периодическом или непрерывном перемешивании. Вязкость полученного лака, определяемая по воронке НИИЛК, должна быть порядка 20—25 сек.

Приготовление пасты для нанесения обкладок стеклоэмалевых конденсаторов производится в фарфоровом барабане на шаровой мельнице. В фарфоровый барабан загружают заранее отвешенные и отмеренные составные части пасты из расчета на 1 кг сухого мелкодисперсного серебра 600 см³ этилцеллюлозного лака и необходимое количество фарфоровых шаров. Барабан герметично закрывается крышкой и устанавливается на шаровую мельницу. Электродвигатель мельницы включается, и производится помол пасты в течение 24 ч при 60—65 об/мин. После этого паста фильтруется через проволочную плетеную сетку № 01 (3 460 отверстий на 1 см²) и сливается в стеклянный плотно закрывающийся сосуд. Вязкость пасты должна быть порядка 20—25 сек, удельный вес в пределах 1,8—2,0 г/см³. Хранение пасты разрешается не свыше 10 дней. Перед употреблением пасту необходимо тщательно перемешивать

до получения однородной массы, причем, если паста хранилась более суток, необходимо определить ее вязкость, и в случае повышенной вязкости паста должна быть разбавлена растворителем РДВ.

Для серебрения торцов таблеток после обжига и зачистки применяется паста с содержанием 48—54% серебра вязкостью 60—70 сек при $+20^{\circ}\text{C}$. Состав пасты для серебрения торцов стеклоэмалевых конденсаторов следующий: окиси серебра — 1 000 г, окиси висмута — 40 г, скипидара — 380 г, канифоли — 270 г. Состав пасты для серебрения торцов стеклокерамических конденсаторов: окиси серебра — 1 000 г, скипидара — 380 г, канифоли — 140 г и стеклоэмали № 1 019—100 г. Приготовление этих паст производится аналогично процессу, описанному выше.

5-4. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ТАБЛЕТОК КОНДЕНСАТОРОВ

Таблетки стеклоэмалевых и стеклокерамических конденсаторов изготавливаются на пресс-автоматах (рис. 5-2).

Принцип изготовления таблеток следующий: загрузочная лапа засыпает стеклоэмаль, поступающую из бункера, в отверстие матрицы и отходит в исходное положение. Пуансон опускается, входит в отверстие матрицы и опрессовывает засыпанный порошок в тонкую пластину стеклоэмали. Размеры пуансона и матрицы должны соответствовать размеру таблеток. При переходе к изготовлению таблеток другого размера пуансон и матрица заменяются.

После опрессовки матрица подается под механизм, который производит набрызгивание обкладки из серебряной пасты при помощи пульверизатора через окно трафаретной ленты. Окна трафаретной ленты ограничивают площадь наносимых обкладок и расположены на ленте так, что создают взаимное смещение двух смежных обкладок относительно друг друга и обеспечивают получение нужных закраин. Для каждого размера таблеток устанавливается своя трафаретная лента. Включение пульверизатора производится автоматически по достижении матрицей определенного строго фиксированного положения. После этого стол с матрицей отходит в прежнее положение, происходит засыпка

и опрессовка следующего слоя стеклоэмали, затем наносится следующая обкладка, смещенная относительно предыдущей. Повторение этих операций происходит до тех пор, пока количество нанесенных обкладок и слоев стеклоэмали не станет достаточным для получения за-

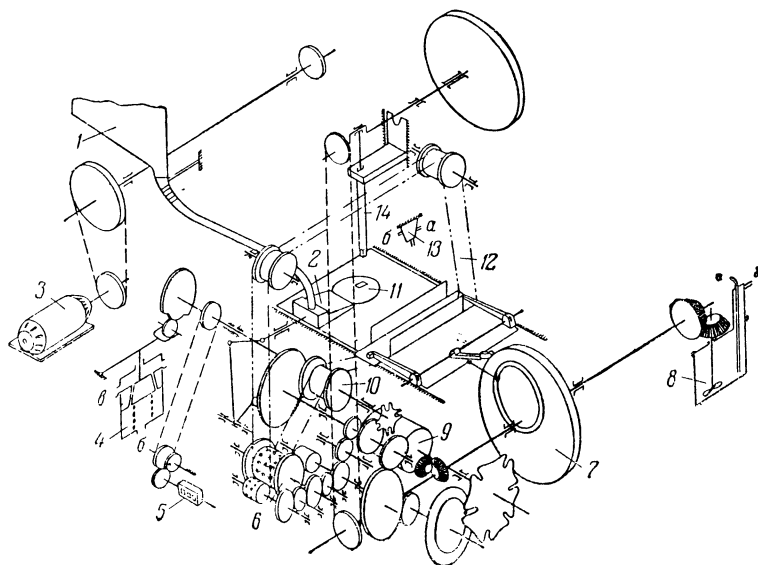


Рис. 5-2. Кинематическая схема автомата изготовления таблеток.

1 — бункер с порошком стеклоэмалевой массы; 2 — механизм засыпки порошка стеклоэмали в пресс-форму; 3 — электродвигатель; 4 — основной, воздушный распределитель; 5 — счетчик готовых таблеток; 6 — механизм очистки трафаретной ленты от пасты; 7 — механизм прижатия трафаретной ленты и передвижения стола; 8 — бачок для серебросодержащей пасты с мешалкой; 9 — механизм дозирования стеклоэмали; 10 — механизм привода трафаретной ленты; 11 — матрица; 12 — трафаретная лента; 13 — пульверизатор; 14 — пуансон.

данной емкости. Тогда таблетка после опрессовки верхнего слоя стеклоэмали автоматически выталкивается подвижным дном матрицы из отверстия и сбрасывается по лотку в металлическую тару, а автомат в той же последовательности производит необходимые операции по изготовлению следующей таблетки.

Для изготовления таблеток этого же размера, но различных емкостей требуется замена некоторых деталей: дозирующего барабана и распределительной шайбы

воздушного клапана, при помощи которых устанавливается количество слоев стеклоэмали и обкладок в таблетке.

Перед работой автомата следует провести ряд подготовительных операций. Проверить соответствие установленных на автомате дозирующего барабана, распределительной шайбы воздушного клапана, пресс-формы и трафаретной ленты для получения таблетки заданного номинала и размера. В случае необходимости произвести замену.

После установки всех узлов и деталей, необходимых для изготовления заданного номинала таблеток, надо произвести проверку работы автомата, вращая вручную маховик пресса. Затем проверить правильность движения автомата на холостом ходу, произведя включение электродвигателя и привода автомата. Замеченные неисправности должны быть устранены после остановки. Убедившись в правильности работы на холостом ходу, автомат снова останавливают, засыпают в бункер приготовленную стеклоэмалевую или стеклокерамическую массу и заливают серебряную пасту в бачок. Включается смеситель, и серебряная паста перемешивается в течение 2—3 мин. Давление сжатого воздуха в бачке с пастой должно быть в пределах 1,8—2,5 атм. Далее следует отрегулировать запорную иглу пульверизатора, прокачать при помощи плунжерного насоса масло через узлы централизованной смазки, а узлы нецентрализованной смазки смазать маслом автол 8 из масленки. После этого следует включить автомат и изготовить несколько таблеток без обкладок, чтобы определить правильность работы засыпанного механизма и пригодности массы для прессования. При положительных результатах включается сжатый воздух, давление которого должно быть доведено до 3—4 ат, и изготавливается еще несколько таблеток, уже с обкладками. При определении правильности напыления серебра следует проверить расположение круга разбрызгиваемой пасты на трафаретной ленте относительно окна ленты и проверить качество таблетки по осевому срезу. При рассмотрении срезанной таблетки не должно быть обнаружено искривления слоев обкладки или диэлектрика, а также крупинок и включений в диэлектрике, само расположение их должно соответствовать чертежу.

Когда автомат настроен, изготавливают 100 таблеток сигнальной партии, отбирают 20 штук и по ним определяют правильность настройки автомата. Для этого отобранные таблетки обжигают в конвейерной печи, зачищают торцы их, наносят на торцы серебро, вжигают его, после чего проверяют электрическую прочность таблеток и измеряют емкость и ТКЕ таблеток. Количество таблеток с допуском $\pm 5\%$ от заданного номинала емкости должно быть не менее 30%, с допуском $\pm 10\%$ не менее 70%, случаев нарушения электрической прочности не более 5%, причем не должно наблюдаться расслоения таблеток и сколов.

Получив положительные результаты сигнальной партии, автомат запускают в работу. Во время работы автомата следует вести наблюдение за качеством изготавливаемых таблеток и правильностью взаимодействия механизмов и по мере необходимости производить пополнение бункера порошком прессуемой массы, а бачка — серебряной пастой. Периодически следует очищать от отходов серебра трафаретную ленту. Следует помнить, что при работе на автомате должна быть обязательно включена вентиляция и местное освещение.

Изготовленные таблетки передаются на обжиг в конвейерной печи.

5-5. СУШКА, ОБЖИГ И ГОРЯЧЕЕ ПРЕССОВАНИЕ ТАБЛЕТОК

Эти операции являются очень ответственными. Только при точном соблюдении всех технологических требований можно получить качественные конденсаторы.

Стабильные небольшие положительные значения ТКЕ конденсаторов могут быть получены только в том случае, если будет соблюдено определенное время выдержки при определенной максимальной температуре. Это необходимо для того, чтобы обеспечить максимально возможную кристаллизацию стекломассы. Повышенные значения ТКЕ свидетельствуют о том, что область кристаллизации быстро пройдена и кристаллизация не успела завершиться.

Обеспечение ТКЕ в пределах норм, указанных в технических условиях, достигается идентичностью режимов обжига по температуре (рис. 5-3) и времени выдержки в зоне максимальной температуры. Для конден-

саторов из смесей стекломали с керамической массой, помимо этого, на величину ТКЕ большое влияние оказывает количество самой массы и ее свойства. Обжиг таблеток производится на специальных пластинах в конвейерной печи с автоматическими регуляторами температуры. Пластины изготавливаются из жароупорного железа и перед загрузкой их в печь покрываются тонким слоем глины с магнезией. Это делается для пред-

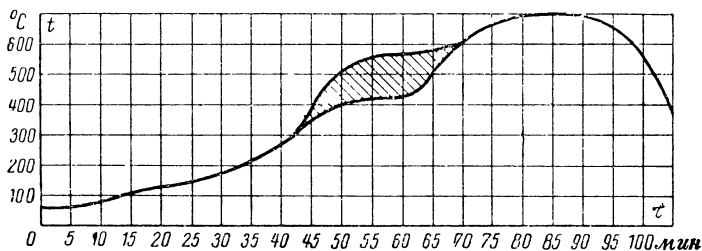


Рис. 5-3. Кривая распределения температур в конвейерной печи обжига таблеток.

отвращения спекания таблеток с окалиной на поверхности пластин во время обжига. Покрытие пластин производится путем погружения их в водный раствор глины (50%) с магнезией (50%). Раствор предварительно процеживается через марлю во избежание попадания крупных частиц. Покрытые слоем глины и магнезии пластины без таблеток помещаются для сушки в печь обжига. После этого пластины готовы для употребления.

Печь должна быть также предварительно подготовлена для проведения массового обжига таблеток.

Первое, что необходимо сделать, это установить терморегуляторы печи на температуру, которая необходима при обжиге таблеток в максимальной зоне.

Для таблеток из чистой стекломали № 7	640° C
Для таблеток из стекломали № 7 с добавкой 5% керамической массы класса I, группы „а“	660° C
Для таблеток с добавлением 10% керамической массы класса I, группы „а“	680° C
Для таблеток с добавлением 17% керамической массы класса I, группы „а“	700° C
Для утильного обжига таблеток СКМ из массы класса I, группы „б“ и класса III	540—560° C
Для утильного обжига таблеток СКМ из массы класса VIII, группы „а“	480—500° C

Затем следует включить нагрев печи, включить вентиляцию и привести в движение ленту конвейера, которая проходит через печь. Когда печь прогреется и температура достигнет требуемой величины во всех зонах печи, можно начинать обжиг таблеток.

Таблетки, подлежащие обжигу, укладываются на подготовленную пластину плашмя, так чтобы между ними был зазор порядка 1 мм, для того чтобы во время обжига таблетки не соединялись друг с другом. Пластины с уложенными на них таблетками помещаются в кабину, где обдуваются сжатым воздухом при давлении около 0,25 ат для удаления стеклоэмалевой (или стеклокерамической) пыли. Затем первую пластину с уложенными таблетками помещают на движущуюся ленту конвейера печи и проводят контрольный обжиг. Обжиг длится в течение 1 ч 45 мин. При выходе контрольной партии из печи обжига проверяется внешний вид таблеток и у нескольких таблеток замеряется величина ТКЕ, для чего необходимо торцы таблеток посеребрить. Проведение этой операции описано в § 5-6.

Качественно обожженные таблетки имеют глянцевую поверхность и не должны иметь расслоений, трещин и вздутий. Матовая поверхность таблеток получается в результате недостаточной температуры обжига. Шероховатой поверхность может быть из-за некачественного обдува таблеток сжатым воздухом. Расслоения и трещины на боковых сторонах могут получаться от повышенного давления или других нарушений условий прессования таблеток. От слишком высокой температуры в начальной зоне печи могут произойти вздутия таблеток. Завышенная температура обжига приводит к излишнему закруглению углов таблеток.

В случае удовлетворительного качества обожженных таблеток и получения величины ТКЕ в заданных пределах можно приступить к массовому обжигу таблеток. По выходе из печи пластины с таблетками снимаются пинцетом с конвейера и помещаются на верх печи, где они и остывают в течение 5—10 мин. Затем таблетки высыпаются на сетки и разбраковываются.

Выше указывалось, что технологическое отличие производства стеклокерамических конденсаторов типа СКМ от производства стеклоэмалевых конденсаторов типа КС заключается в необходимости проведения го-

рячего прессования стеклокерамических таблеток, предварительно прошедших утильный обжиг.

Таблетки, прошедшие утильный обжиг, закладываются по две штуки в пресс-формы для горячего прессования. Это осуществляется в следующей последовательности: на дно пресс-формы насыпается слой окиси алюминия и спрессовывается цилиндрическим пестиком. На эту опрессованную подкладку укладываются две таблетки широкой поверхностью так, чтобы они не касались стенок пресс-формы и друг друга. Сверху таблетки также засыпаются слоем окиси алюминия. После этого в пресс-форму вставляется верхний пуансон и собранные таким образом пресс-формы пропускаются через конвейерную печь в течение 12 мин. Печь должна быть нагрета до 840°C , для таблеток группы Н — до 740°C .

По выходе из печи пресс-формы устанавливаются на пресс, обеспечивающий плавную подачу давления и регулировку выдержки и опрессовываются при удельном давлении $40 \pm 20 \text{ кг/см}^2$ с выдержкой в 2—3 сек. После этого пресс-формы должны остыть. Остывшие пресс-формы распрессовываются на прессе или вручную. Таблетки очищаются от окиси алюминия и передаются на операцию окончательной зачистки поверхностей перед серебрением торцов их.

5-6. СЕРЕБРЕНИЕ ТОРЦОВ ТАБЛЕТОК

Для соединения обкладок таблетки стекломалевого или стеклокерамического конденсатора между собой, для вывода их наружу и для включения конденсатора в электрическую цепь торцы таблеток серебрятся и затем облуживаются.

Эта технологическая операция начинается с зачистки торцов таблеток после их обжига.

Зачистка торцов таблеток производится на станке, который представляет собой горизонтально расположенный наждачный круг с сильными боковыми вентиляционными вытяжными отсосами. 20—30 таблеток набираются в специальное зажимное приспособление. Таблетки располагаются вплотную одна к другой, широкие боковые грани таблеток должны быть обращены к зажимающим плоскостям приспособления, а торцы должны находиться по возможности на одинаковом уровне

и несколько выступать с обеих сторон зажимного приспособления.

Таблетки в зажимном приспособлении поочередно обоими торцами прижимаются к вращающемуся наждачному кругу станка и зачищаются. Зачистка производится до появления резко видимых слоев серебра на торцах таблеток (снимается слой не более 0,25 мм).

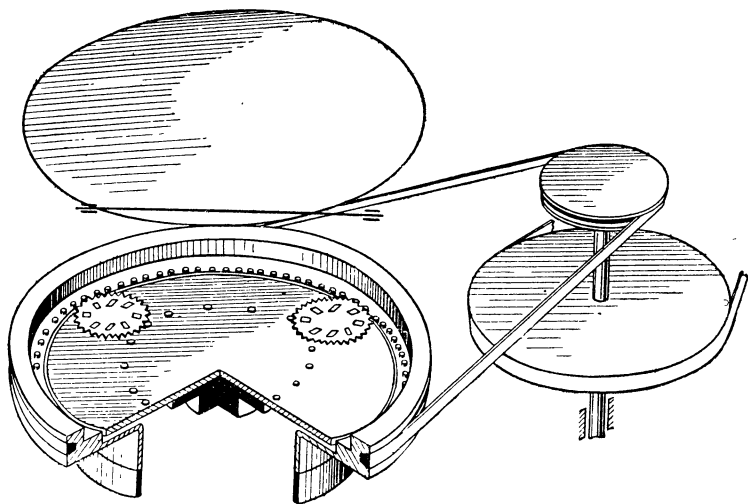


Рис. 5-4. Схема машины зачистки плоскостей таблеток конденсаторов СКМ.

В процессе зачистки нельзя производить чрезмерно сильного прижатия таблеток к наждачному кругу во избежание появления сколов по углам таблетки. Зачищенные таблетки освобождаются из приспособления и передаются на операцию серебрения.

Зачистка всех плоскостей таблеток стеклокерамических конденсаторов СКМ производится на машине несколько другой конструкции между двумя чугунными дисками, на которые подается абразивный порошок с водой. Принцип действия машины легко понять из кинематической схемы, приведенной на рис. 5-4.

Основной частью машины является механизм зачистки, представляющий собой планетарный механизм с цевочно-звездчатым зацеплением и два чугунных

диска (верхний и нижний), между которыми двигаются сателлиты, приводимые в движение наружной передачей. Таблетки закладываются в специальные гнезда сателлитов, верхний диск давит на таблетки, находящиеся в гнездах, и прижимает их к верхнему и нижнему диску. При движении сателлитов плоскости таблеток трутся о верхний и нижний чугунные диски, смоченные абразивным порошком с водой, и зачищаются.

Сателлиты являются сменными, и их толщина выбирается строго по толщине зачищаемых таблеток. Так попеременно, при помощи сменных сателлитов с разными размерами гнезд попарно зачищаются все плоскости таблеток.

Зачищенные по всем плоскостям таблетки конденсаторов СКМ передаются на операцию серебрения торцов. На операции серебрения торцов таблетки закладываются в приспособление, аналогичное применяемому на зачистке на наждачном круге, и зажимаются зажимом. Укладывается сразу около 30 таблеток. При помощи кисточки наносится слой серебряной пасты сначала на одну торцовую поверхность таблеток в соответствии с указаниями чертежа, а затем серебрится второй торец, и, если по чертежу предусмотрено, серебрятся места для припайки выводов. Затем приспособление с посеребренными таблетками откладывается в сторону для предварительной подсушки слоя пасты на 10—15 мин. За это время производится укладка и серебрение таблеток в других приспособлениях. По прошествии 10—15 мин таблетки извлекаются из приспособления и укладываются на поднос в один слой без взаимного соприкосновения.

Таблетки конденсаторов после серебрения подсушиваются не менее 30—40 мин на воздухе при комнатной температуре, а затем серебро вжигается в торцы таблеток на специальной конвейерной печи с автоматическим регулятором температуры. Скорость прохождения таблеток через печь 27 мин. Температура вжигания устанавливается в пределах от 460 до 600°С в зависимости от состава диэлектрика.

Операция серебрения торцов повторяется дважды (для СКМ — трижды).

При вжигании серебра на таблетках не должно наблюдаться оплавления части слоя серебра стекло-

эмалью или стеклокерамикой. Это может получиться при излишне высокой температуре в печи вжигания. В случае низкой температуры надежность сцепления серебряного слоя со стеклоэмалью будет недостаточной и слой начнет отставать после пайки выводов, поэтому после второго серебрения проверяется прочность сцепления слоя серебра со стеклоэмалью или стеклокерамикой. Для проверки прочности сцепления припаявают к серебряным торцам с двух сторон таблетки выводы диаметром 0,6—0,8 мм и затем испытывают на отрыв при нагрузке 1—1,5 кг в зависимости от типоразмеров таблеток.

Посеребренные таблетки проходят проверку по электрической прочности, а затем годные из них передаются на операцию лужения или припайки выводов в зависимости от варианта исполнения конденсатора (без выводов или с выводами).

5-7. ЛУЖЕНИЕ ТОРЦОВ ТАБЛЕТОК И ПРИПАЙКА ВЫВОДОВ

Операция лужения торцов производится вручную при помощи электропаяльника мощностью до 100 Вт, нагретого до температуры $300 \pm 20^\circ \text{C}$ припоем ПСР-1,5. Таблетки перед облуживанием помещаются в ванну с масляно-канифольным флюсом. Из ванны таблетки берутся в руки по одной и облуживаются отдельно с двух сторон согласно указаниям соответствующего чертежа. После облуживания конденсаторы промываются.

Более сложна операция припайки выводов, осуществляемая на автомате, который одновременно изготавливает выводы из медной облуженной проволоки марки ММ диаметром 0,6—0,8 мм и припаявает их припоем ПСР-1,5 на противоположных сторонах таблетки.

Устройство и принцип работы автомата можно понять из кинематической схемы (рис. 5-5). Таблетки загружаются в бункерное устройство, состоящее из воронки 1, двух направляющих с каналом для прохода таблеток, кулачкового механизма 3 и рычагов 2, приводящих в возвратно-поступательное движение направляющие, благодаря чему таблетки по каналу попадают ориентированными одна за одной в кассету предвари-

тельного подогрева 25. Кулачки 3 приводятся в движение, как и все механизмы автомата от электродвигателя 8 через систему ременных и зубчатых передач 5, 6, 7, 10, 14. В кассете предварительного подогрева строго ориентированные таблетки подогреваются до темпера-

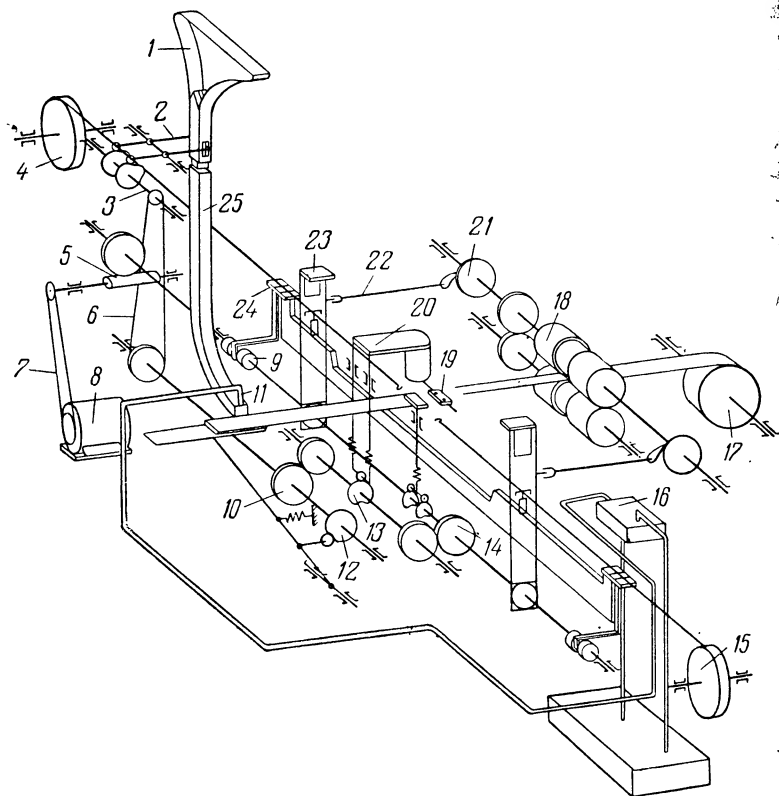


Рис. 5-5. Кинематическая схема автомата пайки выводов к таблеткам.

туры 100—120° С. При выходе из кассеты на горизонтально расположенную таблетку наносится определенная доза масляно-канифольного флюса из капельницы 11. В капельницу флюс подается мембранным насосом 16 по трубопроводам из ванны 15. Ползуном, приводящимся в возвратно-поступательное движение че-

рез рычаг от кулачка 12 таблетка подается в гнездо под паяльник 20. Одновременно механизмом подачи припоя 18, приводящегося в движение от вилки 22 и храпового колеса с собачкой 21, подается нужная доза проволочного припоя ПСР—1,5 с барабана 17.

В это же время производится подача изготовленных проволочных выводов паяльными патронами 24, которым сообщается возвратно-поступательное движение от кулачка 9. После этого электрический паяльник 20, температура которого 300—350° С, опускается до соприкосновения с выводом, прижимает вывод к таблетке и припаявает его. Эта операция осуществляется одновременно с двух сторон таблетки. Во время пайки осуществляется отрезка припаяваемых выводов от проволоки ножами с одновременным изготовлением кольцевых окончаний выводов при помощи полых пуансонов. Ножи и пуансоны расположены в узле 23 и приводятся в движение от кулачка.

Процесс пайки происходит в течение 2 сек времени, необходимого для окончательного прогрева таблетки и расплавления припоя. Затем паяльник 20 поднимается в верхнее положение. При подаче очередной таблетки таблетка с припаянными выводами 19 сбрасывается в металлическую тару.

Для удобства настройки автомата и обеспечения необходимого режима работы в автомате предусмотрены: регулировка длины подачи проволоки для выводов, регулировка подачи таблеток, регулировка дозы припоя и флюса, регулировка температуры паяльника.

Работа на автомате начинается с заправки автомата медной луженой проволокой, проволочным припоем и флюсом. Затем включается электрический подогрев паяльника и кассеты предварительного подогрева таблеток. Через 15—20 мин автомат готов к работе. Бункер автомата и кассета заполняются таблетками, и автомат приводится в действие.

Во время работы автомата следует следить за наличием флюса, припоя и медной проволоки, а также за качеством изготовления выводов и за качеством их припайки к таблеткам.

После пайки или лужения готовые конденсаторы промываются в растворителе РДВ (ГОСТ 4399-48). Конденсаторы помещаются в сетчатые корзины и опускают-

ся в первую ванну с растворителем на 15—20 мин. Затем корзины вынимаются из первой ванны и переносятся во вторую ванну с растворителем, где также выдерживаются в течение 15—20 мин. Затем сетчатая корзина с конденсаторами вынимается из ванны и конденсаторы из нее рассыпаются на фанеру, покрытую фильтровальной бумагой, и вместе с фанерой переносятся под вытяжную вентиляцию, где сушатся 15—20 мин. После этого конденсаторы передаются на покраску и маркировку.

5-8. ОКРАСКА И СУШКА КОНДЕНСАТОРОВ

Для повышения влагостойкости стеклоэмалевых и стеклокерамических конденсаторов их покрывают эмалью типа ЭКР-1. Покрытие эмалью типа ЭКР-1 производится за 2 раза. После нанесения каждого слоя проводится сушка. Эти операции выполняются на специально для этой цели сконструированной линии окраски и сушки конденсаторов с проволочными выводами, состоящей из четырех основных агрегатов: машина первой окраски, конвейерная печь сушки с инфракрасными излучателями, машина второй окраски и печь сушки, аналогичные первым. Окраска и сушка производятся в специальных рейках, куда закладываются конденсаторы.

В машине окраски применен оригинальный метод окрашивания изделий в струе краски, которая фонтанирует из специальной насадки. Кинематическая схема машины окраски приведена на рис. 5-6.

Шестеренчатый насос, приводимый в действие через ременную передачу от электродвигателя, подает краску ЭКР-1 в трубу, и оттуда она выходит в виде плоской струи, направленной под углом 45° к горизонтальной плоскости. Форма и направление струи достигаются специальной насадкой; регулировка высоты струи производится краном.

Конденсаторы, уложенные в рейку, подаются вместе с последней по направляющим под струю краски. По мере продвижения рейки окрашенные таким образом конденсаторы попадают на решетчатый каплесьемник. При прохождении через каплесьемник краска с конденсаторов стекает в зазоры между пластинами решетки.

При дальнейшем продвижении конденсаторы находят на выступ и поворачиваются. После поворота каплесеъемник удаляет излишки краски с другой стороны конденсатора.

Далее рейки с конденсаторами после первой окраски передаются в конвейерную печь сушки с инфракрасными

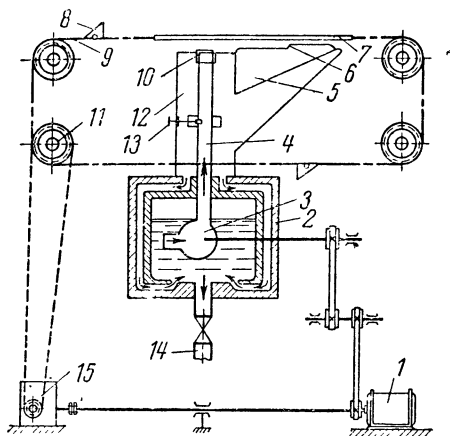


Рис. 5-6. Кинематическая схема машины окраски.

1 — электродвигатель; 2 — кожух-сборник насоса; 3 — шестеренчатый насос; 4 — труба, подающая краску; 5 — каплесеъемник; 6 — выступ каплесеъемника; 7 — направляющая; 8 — захват; 9 — цепной транспортер; 10 — насадка; 11 — звездочка; 12 — сборник краски; 13 — регулирующий кран; 14 — сливной кран; 15 — редуктор.

излучателями. Для получения интенсивного инфракрасного излучения применены специальные лампы, преобразующие до 90% потребляемой электрической энергии в энергию излучения инфракрасной части светового спектра. Внутри лампы покрыты зеркальным слоем, образующим рефлектор для лучшей концентрации инфракрасного излучения.

При сушке эмали типа ЭКР-1 происходит ее полимеризация, заключающаяся в укрупнении молекул. При полимеризации потребляется значительное количество энергии. Скорость полимеризации зависит от скорости притока тепла. При сушке инфракрасными лучами теп-

лооблучение конденсатора происходит непосредственно и быстро, а факторы конвекции и теплопроводности играют второстепенную роль. Кроме этого, инфракрасные лучи хорошо поглощаются эмалью и проникают на всю толщину покрытия, в связи с чем процесс сушки начинается изнутри, а не с поверхности. Это позволяет избежать образования поверхностной пленки эмали, задерживающей сушку.

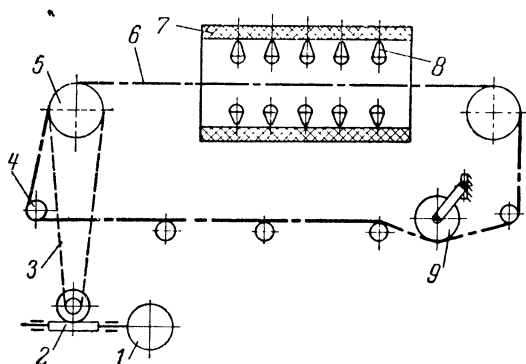


Рис. 5-7. Кинематическая схема печи сушки с инфракрасными лампами.

1 — электродвигатель; 2 — червячная передача; 3 — приводная цепь; 4, 5 — звездочка транспортера; 6 — транспортер цепной с зубчатыми толкателями; 7 — корпус печи; 8 — лампы инфракрасного излучения; 9 — натяжная станция.

Конструкция печи сушки с инфракрасными лампами достаточно проста, ее легко понять из рис. 5-7.

Рейки с окрашенными конденсаторами при помощи цепного конвейера проходят через печь между лампами инфракрасного излучения, которые расположены со всех четырех сторон.

По выходе из печи сушки рейки с конденсаторами передаются на машину вторичной окраски, а с нее во вторую печь сушки.

После прохождения второй печи сушки конденсаторы поступают на операцию проверки электрических параметров и маркировки.

Всю линию перед началом работы следует подготовить. Прежде всего в насос надо залить эмаль ЭКР-1 определенной вязкости. Если эмаль слишком густая, то

ее следует разбавить до необходимой вязкости ксилолом и тщательно перемешать. Затем следует установить каплеспемник и отрегулировать струю краски. То же следует проделать с машиной вторичной окраски.

Также необходимо проверить исправность ламп в первой и второй печах сушки. В печах установлены лампы типа ЭС-2 мощностью 500 и 250 *вт*. Температура в печи должна быть 160—180° С. Время прохождения конденсаторами первой печи 20 *мин*, второй — 50 *мин*.

5.9. КОНТРОЛЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

Электрические параметры стеклоэмалевых и стекло-керамических конденсаторов проверяются в процессе производства несколько раз. Обычно они контролируются после окончания критичных технологических операций, а также у готовых конденсаторов перед упаковкой.

Контроль электрических параметров осуществляется либо цеховыми работниками, либо работниками ОТК. Выходной контроль готовых конденсаторов осуществляется работниками ОТК. Целью контроля является обнаружение и изъятие некачественной продукции, предельно возможная профилактика брака, повседневная борьба за выявление и устранение причин брака, строжайший контроль за соблюдением технологической дисциплины и обеспечение выпуска качественных изделий, отвечающих требованиям технических условий и ГОСТ.

Контроль по своему объему может быть выборочным и стопроцентным. Например, после 1-го серебрения и вжигания серебра на торцах таблетки конденсаторов КС подвергаются 100%-ной проверке по электрической прочности и 100%-ной рассортировке по емкости, а таблетки конденсаторов СКМ (100%) дополнительно проверяются по сопротивлению изоляции и выборочно (10%) по величине тангенса угла потерь.

Проверка по электрической прочности таблеток производится путем подачи на таблетку напряжения постоянного тока величиной $U_{исп} = 3 U_{раб}$ с временем выдержки 1—2 *сек*. Процент отхода от норм таблеток по электрической прочности не должен быть выше 15—30% в зависимости от типа конденсаторов. Если процент отхода выше, то следует всю партию браковать, так как где-то был нарушен технологический процесс.

Проверка электрической прочности таблеток осуществляется вручную при помощи пробойной установки. Напряжение от установки к таблетке подводится при помощи специальных изолированных щупов с блокировкой, которая обеспечивает безопасность работы.

Рассортировка таблеток по емкости производится на три группы (± 5 , ± 10 и $\pm 20\%$) в зависимости от отклонения емкости от номинальной, установленной по результатам сигнальной партии. Рассортировка производится на приборах для измерения емкости на частоте не выше 1 МГц с погрешностью не более $\pm (0,02 C + 1) \text{ нФ}$. Обычно используются приборы типа ИЕ-2, ППРК-1 и др.

Измерение величины сопротивления изоляции таблеток стеклокерамических конденсаторов производится при напряжении $90\text{—}250 \text{ в}$, но не выше рабочего напряжения таблеток с погрешностью не выше $\pm 20\%$. Отсчет величины сопротивления изоляции ведется после выдержки под напряжением в течение 1 мин . Время выдержки можно сокращать только в том случае, если сопротивление изоляции измеряемой таблетки уже стало выше требуемого. Величина сопротивления изоляции таблеток СКМ группы О, М, Ж должна быть не менее $12\,000 \text{ Мом}$, а группы Н не ниже $6\,000 \text{ Мом}$.

Измерение тангенса угла потерь ($\text{tg } \delta$) производится на приборах типа ИПП. Допустимая величина $\text{tg } \delta$ для таблеток СКМ группы О, М, Ж не выше $18 \cdot 10^{-4}$, а для группы Н до $90 \cdot 10^{-4}$ (проверяется 10% таблеток).

Готовые конденсаторы подвергаются 100% -ной проверке по электрической прочности, емкости, сопротивлению изоляции цеховыми контролерами перед операцией маркировки. Электрическая прочность конденсаторов проверяется путем подачи на них испытательного напряжения постоянного тока.

Конденсаторы с выводами испытываются на электрическую прочность в приспособлениях, представляющих собой две параллельные изолированные металлические шины. Конденсаторы укладываются выводами на эти шины и к ним от пробойной установки при помощи щупов подводится испытательное напряжение с 10-разовым изменением полярности. При пробое конденсатора между выводом и шиной происходит искрение, по которому и обнаруживают пробитый конденсатор. Дефектный кон-

денсатор изымается, и испытание продолжается. После испытания производится разряд всех выдержавших испытание конденсаторов.

Проверка конденсаторов без выводов может осуществляться как при помощи щупов от пробойной уста-

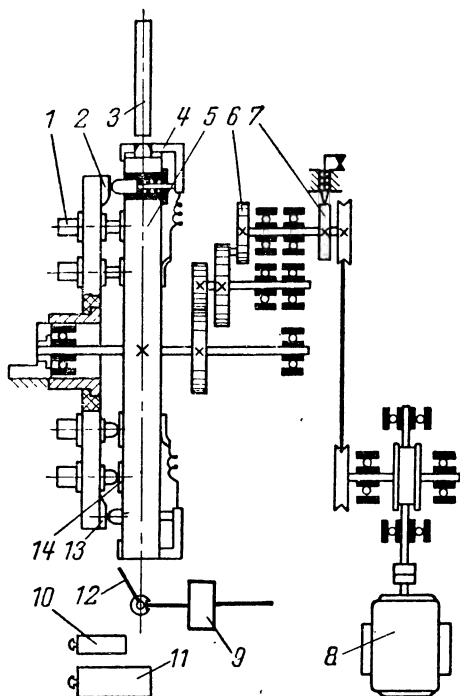


Рис. 5-8. Кинематическая схема полуавтомата проверки электрической прочности конденсаторов без выводов.

новки, так и на специальных полуавтоматах. Кинематическая схема полуавтомата приведена на рис. 5-8, а электрическая схема на рис. 5-9. Проверка электропрочности осуществляется после тренировки конденсаторов испытательным напряжением с 10-разовым изменением полярности.

Полуавтомат состоит из следующих механических и электрических узлов: а) узла тренировки и испытания

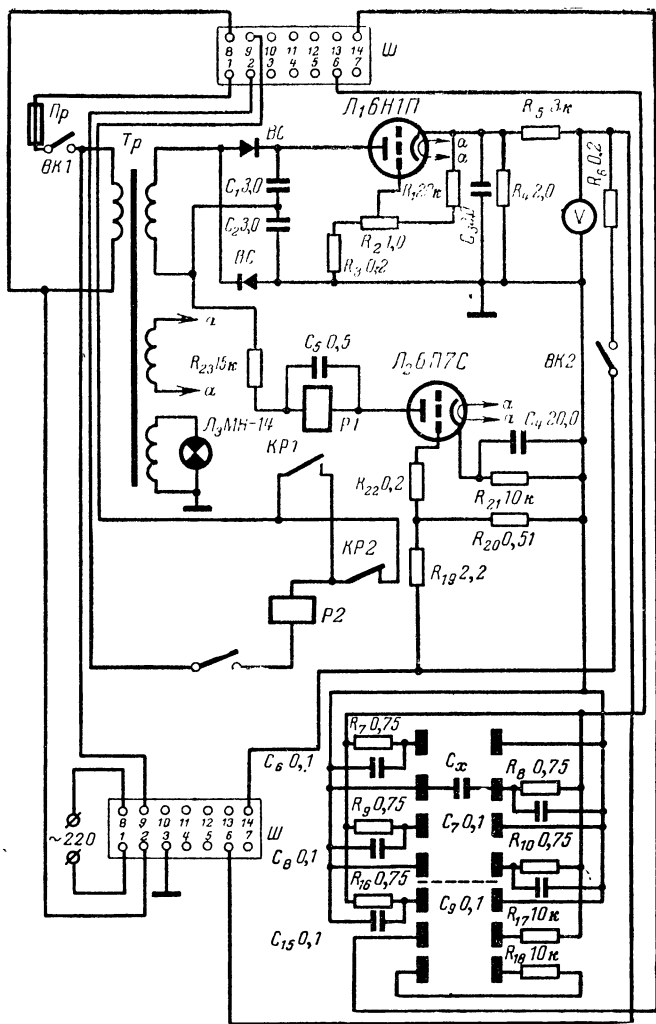


Рис. 5-9. Электрическая схема полуавтомата для проверки электрической прочности конденсаторов без выводов.

конденсаторов, включающего в себя транспортирующий диск с контактирующими захватами и токосъемными коллекторами; б) механизма привода, включающего в себя шестипозиционную мальтийскую систему, цилиндрическую зубчатую передачу, червячный редуктор и электродвигатель; в) выпрямителя, подающего испытательное напряжение постоянного тока на конденсаторы, и г) электронного реле, фиксирующего результат испытания и сортирующего конденсаторы на годные и негодные при помощи исполнительного механизма.

Работа автомата достаточно ясно видна из рис. 5-8. Подлежащие испытанию конденсаторы поступают из питателя 3 в захваты 4 транспортирующего диска 5, которые в момент загрузки открываются кулачком 2. Транспортирующий диск приводится в циклическое движение от электродвигателя 8 через червячный редуктор, клиноременную передачу, мальтийскую систему 5 и пару зубчатых цилиндрических шестерен.

При перемещении диска токосъемники 14, к которым подключены испытываемые конденсаторы, снимают испытательное напряжение с контактных групп 1. К контактам подведено напряжение от выпрямителя так, что плюс и минус у смежных пар контактов поменены местами.

Последняя контактная группа является контрольной, при подключении к ней конденсатора и происходит собственно испытание электрической прочности. Кулачок 13 открывает захваты в месте сброса конденсаторов и годные сбрасываются в соответствующую тару 11. В случае пробоя конденсатора срабатывает электромагнитное реле 9, заслонка 12 откидывается и конденсатор попадает в тару 10 для негодных конденсаторов. Сигнал для срабатывания электромагнитного реле 9 поступает от электронного реле. Устройство 7, состоящее из кулачка и контактов, управляемых им, служит для закорачивания электромагнитного реле сброса.

Электрическая часть автомата состоит из двух основных узлов: выпрямителя и электронного реле.

Испытательное напряжение постоянного тока получается при помощи селенового выпрямителя ВС, собранного по схеме удвоения. Величина напряжения устанавливается при помощи переменного сопротивления R_2 , подающего отрицательное смещение на управляющую

сетку регулирующей лампы L_1 , и контролируется по вольтметру V .

Испытываемый конденсатор C_x подключается к источнику напряжения через ограничивающее сопротивление R_5 и сопротивление утечки сетки R_6 .

При пробое конденсатора на сетку ламп L_2 электронного реле подается положительное напряжение, отпирательное лампу, благодаря чему увеличивается анодный ток и реле $P1$ срабатывает. Контакты реле $KP1$ замыкают цепь реле $P2$, которое поворачивает заслонку в положение «брак». Реле $P2$ блокируется собственными контактами $KP2$ и приходит в исходное положение только после разрыва цепи контактами микровыключателя K , управляемого кулачком, работающим синхронно с механической частью автомата.

Измерение емкости готовых конденсаторов производится на любом приборе с частотой измерительного тока не выше 1 МГц , с погрешностью не более $\pm(0,01\text{ С} + 0,2)\text{ нф}$ при рассортировке в группу с отклонением от номинальной емкости $\pm 2\%$ и с погрешностью не более $\pm(0,02\text{ С} + 1)\text{ нф}$ при рассортировке в другие группы.

Проверенные таким образом готовые конденсаторы передаются на маркировку.

Маркировка производится специальной краской на маркировочных машинах, устройство которых описано в § 4-17. При маркировке стеклокерамических и стеклоэмалевых конденсаторов имеется та особенность, что маркировка наносится на две противоположные стороны конденсатора. На подушке сразу получается два оттиска, и конденсатор, подлежащий маркировке, сначала прижимается одной стороной к первому оттиску, а затем другой стороной ко второму оттиску.

Отмаркированный конденсатор по желобу направляется на движущуюся ленту конвейерной печи сушки после маркировки. Конденсаторы проходят сушильную печь за 24 мин , из которых 10 мин при температуре $135\text{—}150^\circ\text{С}$. При выходе из печи конденсаторы сбрасываются в ящик-приемник. Замаркированные, высушенные, остывшие конденсаторы передаются на выходной контроль ОТК.

Выходной контроль ОТК готовых замаркированных конденсаторов перед упаковкой предусматривает 100% -ную проверку электрической прочности конденса-

торов, проверку емкости, сопротивления изоляции и тангенса угла потерь конденсаторов, а также выборочную проверку величины температурного коэффициента емкости нескольких штук конденсаторов из каждой партии.

Выходной контроль конденсаторов с выводами осуществляется на автоматическом измерительном устройстве, аналогичном описанному в гл. 4. На нем производится проверка по электрической прочности, сопротивлению изоляции и емкости. По $\operatorname{tg} \delta$ и ТКЕ проверка проводится вручную на универсальных приборах.

Годные конденсаторы упаковываются в картонные коробки и сдаются на склад готовых изделий для отправки заказчикам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ренне В. Т., Электрические конденсаторы, Госэнергоиздат, 1959.
2. Бедов Д. Г., Виноградов В. А., Куликов Н. Н., Технология массового изготовления слюдяных и бумажных конденсаторов, Госэнергоиздат, 1951.
3. Аршанский М. Е., Керамические конденсаторы малой реактивной мощности, Госэнергоиздат, 1953.
4. Карпихин В. В., Массовые измерения в производстве радиоконденсаторов, Госэнергоиздат, 1961.
5. Фролов А. Д., Основные принципы конструирования деталей радиоаппаратуры, Госэнергоиздат, 1955.
6. Лашев Е. К., Слюда, Промстройиздат, 1948.
7. Пестряков В. Б. и Сачков Д. Д., Конструирование деталей и узлов радиоаппаратуры, Госэнергоиздат, 1947.
8. Евтеев Ф. С., Жуков В. А., Технология радиоаппаратуры, Госэнергоиздат, 1952.
9. Богородицкий Н. П., Пасынков В. В., Тареев Б. М., Электротехнические материалы, Госэнергоиздат, 1955.
10. Богородицкий Н. П., Фридберг И. Д., Высокочастотные неорганические диэлектрики, Изд-во «Советское радио», 1948.
11. Сборник ГОСТ, «Конденсаторы», Стандартгиз, 1960.
12. Лакодемонский А. В., Хряпин В. Е., Паяние и припой, Металлургиздат, 1961.
13. Лосев И. П., Тростянский Е. Б. и др., Неметаллические материалы и их применение в авиастроении, Государственное изд-во оборонной промышленности, 1958.
14. Изоляторы стеклянные проходные, ТУ.
15. Казарновский Д. И., Испытание радиотехнических материалов и деталей, Госэнергоиздат, 1953.
16. Тареев Б. М., Казарновский Д. М., Испытание элект-

тронзоляционных материалов, Госэнергоиздат, 1959.

17. Рабчинская Г. И., Радиотехнические материалы, Госэнергоиздат, 1956.

18. Королькова В. И., Электробезопасность на промышленных предприятиях, Оборонгиз, 1956.

19. Белоусов Н. В., Организация технического контроля на заводах, Оборонгиз, 1950.
